~~296.~~

Math. u. 33 a-2

Math. A.

33 a

R

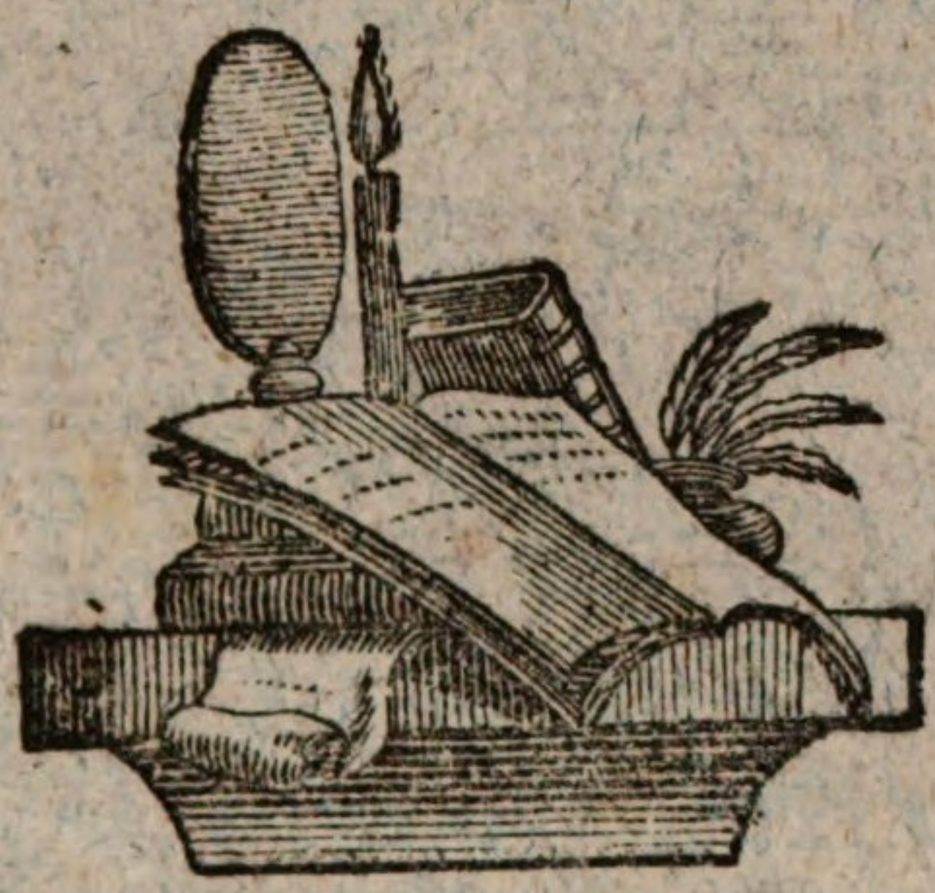
Johann Georg Büsch
Professors in Hamburg

Versuch einer Mathematik

zum Nuzen und Vergnügen
des
bürgerlichen Lebens,

zweiter Theil,

welcher die
Hydrostatik, Aerometrie und Hydraulik
enthält.



Mit 7 Kupfern.

Hamburg, 1791.
bei Benjamin Gottlob Hoffmann.

Bibliothek
Mathematisches Seminar

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

Durch die Vollendung dieses Bandes erfülle ich mir selbst einen vieljährigen Wunsch, und ich wage zu hoffen, daß ich auch den Wunsch derjenigen erfülle, die mit der Art zufrieden gewesen sind, mit welcher ich in dem nun schon dreimal aufgelegten ersten Versuch einer Mathematik zum Nuzen und Vergnügen des bürgerlichen Lebens insonderheit die Mechanik ihnen erläutert habe. Der Zweck jener Abhandlung war nicht zur Hälfte erfüllt. Derer Fälle sind viele, in welchen das bürgerliche Leben der Einsicht in die Mechanik der festen Körper bedarf, aber gewiß weit mehr derjenigen, in denen wir Erfarungen von den mechanischen Wirkungen der flüssigen Körper haben, die Gründe davon einzusehen wünschen, und die Notwendigkeit davon vollends dann erfahren, wann wir die Kräfte derselben zu diesem oder jenem Zweck anwenden oder deren Wirkungen andre Kräfte entgegensezen wollen. In den gewöhnlichen Vorfällen der praktischen Mechanik wird in Völkern, bei welchen es einigermassen licht ist, nur noch selten gefehlt. Aber in eben so gewöhnlichen Vorfällen, wo man es mit der Luft und dem Wasser zu tuhn bekömmt, fallen der groben Versehen täglich unzählbare vor.

Zwar sind der deutschen Bücher sehr viele, aus welchen der Wißbegierige oder durch besonderes Bedürfnis gedrungene sich in diesem Teile der praktischen Mathematik unterrichten kann. Aber ich sehe bei meinen Arbeiten dieser Art auf Leser hinaus, auf welche die Verfasser mathematischer Lehrbücher oder solcher wissenschaftlicher Abhandlungen, welche eine Erweiterung der Wissenschaft, nicht blosse Belehrung über das schon bekannte und schon bewiesene zur Absicht haben, nicht hinausdenken können. Ich wünsche vorzüglich solchen zu dienen, welche in der eigentlichen Lernezeit ihrer Jugend keinen Anlaß, keine Aufforderung zur Erwerbung dieser Kenntnisse im gewöhnlichen Wege gehabt, oder sich daran verhindert gesehen haben, denen aber die Veranlassungen dazu in spätern Jahren entsteht. Andern glaube ich dadurch nüzlich zu werden, daß ich ihnen zu einer Zeit, da noch kein Bedürfnis oder Notwendigkeit dieser Kenntnisse für sie statt hat, in dem möglich leichtesten Wege Lust und den Muht zu erwecken suche, sich damit vorläufig so weit bekannt zu machen, daß jezt ihre Wißbegierde befriedigt werde, sie aber auch weniger verlegen sind, wenn sie künftig veranlaßt werden weiter in sie einzudringen. Dann aber möchte doch auch wol mancher mit meinem Buche zufrieden sein, der zwar auf Akademien einen wissenschaftlichen Vortrag darüber angehört hat, dem aber derselbe bei dessen gewöhnlicher Kürze, da man der ganzen angewandten Mathema-

tik gemeiniglich nur ein halbes Jahr widmet, zu dunkel und unzulänglich gewesen, aber eben deswegen das, was er in demselben begriff, zu bald verflogen ist.

Meine Lage, da ich nicht akademischer Lehrer bin, sondern einer Anzahl an Alter und Fähigkeit auch in Betracht ihrer Zwecke sehr verschiedener Zuhörer diese Kenntnisse vortrage, hat mich nun seit vielen Jahren in dem Bestreben erhalten, meinen Vortrag diesen verschiedenen Zwecken gemäß einzurichten. Zuvörderst mache ich alles, so viel ich kann, durch dienliche Versuche, und wären sie auch noch so alltäglich, anschaulich. Meine Instrumenten-Sammlung unterscheidet sich sehr sowol von der eines gut ausgerüsteten akademischen Lehrers, als dieses oder jenes reichen Liebhabers. Es ist mancher nach meiner Anweisung zubereitete Kloz, manche hölzerne Stange u. dgl. darin, die mir bei meinem Vortrage so unentbehrlich ist, als meine Luftpumpe. Dann aber habe ich vorlängst auf Vorstellungsarten gesonnen, und sinne noch darauf, die mir kein fremdes Lehrbuch angibt, durch welche ich meinen Zuhörern Einsicht in die Gründe der ihnen unter Augen gebrachten Erscheinungen zu geben, und sie zum Fortschliessen auf das, was sie noch sehen werden oder auf Dinge, die keinen Versuchen sich unterwerfen lassen, zu leiten suche. Ich zweifle nicht, man werde dies eigenthümliche der von mir benuzten Vorstellungsarten insonderheit in der Hydrostatik bemerken.

Diese Vorstellungsarten waren nun freilich blos meinem Gedächtnisse seit so vielen Jahren anvertraut, in welchen mich Beschäftigungen einer ganz andern Art verhindert haben, die noch übrigen Teile der angewandten Mathematik meinem Entwurf gemäs für den Druck auszuarbeiten. Entstanden mir andre Vorstellungsarten, die ich in die Stelle meiner bisherigen sezen konnte, so entwischten sie meinem Gedächtnisse nicht leicht wieder, das mir in Dingen dieser Art äusserst getreu ist. Endlich aber hat der vor anderthalb Jahren auf den Auftrag der preiswürdigen Commerz-Deputation unsrer Stadt erneuerte und von älteren und jüngern Zuhörern stark besuchte Vortrag mathematischer Kenntnisse mir sowol die Nohtwendigkeit mehr einleuchtend gemacht, als auch den Muht gegeben, die so lange abgebrochene Arbeit wieder vorzunehmen. Ich habe nicht nur während des Winters die Mechanik der flüssigen Körper ganz, sondern auch die optischen Wissenschaften beinahe vollendet, und arbeite jezt einen schon lange fertigen Entwurf der Bauwissenschaften um.

Ob mein Leben zureichen werde, um auch eine dem Uebrigen zustimmende Astronomie zu vollenden, weiß ich nicht. Ich habe diese nun schon wenigstens zwölf mal in der Ordnung vorgetragen, in welcher sie sich in dem Verstande eines einzelnen Menschen entwikkeln würde, wenn er Erfinder der ganzen Wissenschaft

sein könnte, doch so, daß ich alles bei Seite setze, was den Menschen als Bürger der grossen Stadt Gottes nicht interessirt, und blos historisch anführe, was die feine Kunst der Astronomie geleistet hat, um jene Hauptwahrheiten teils auszumachen, teils näher zu bestimmen.

In diesem Bande habe ich insonderheit der Hydraulik den meisten Raum gewidmet, weil ich von allem, was man zu ihr rechnen kann, wenigstens die Hauptsache sagen wollte, so daß ein jeder Leser wenigstens die Vorkenntnisse daraus schöpfen könne, wenn ihm Veranlassungen entstehen, einen besondern Teil dieser weitläuftigen Wissenschaft ernsthafter zu studiren. In der Beschreibung der Hydraulischen Maschinen hatte ich mir zwar enge Grenzen gesezt, weil ich kein hydraulisches Maschinentheater schreiben wollte. Ich habe daher die mechanische Zurüstung, welche eine jede insonderheit etwas zusammengesezte Maschine dieser Art hat, um der Kraft eine regelmässige Wirkung zu geben, bei Seite gesezt. Aber ich habe doch mir nicht verbieten können, einige Hydraulische Maschinen umständlicher zu beschreiben, und in Zeichnungen darzustellen, die noch in keinen Büchern eines verwandten Inhalts gehörig bekannt gemacht sind. Eins derselben ist das Bremische Wasserrad, ein anderes die fliegende Brükke. In Ansehung der leztern will ich noch nachtragen, daß Leupold in seinem

Brükkenbautheater §. 227 und Tab. 40. A. eine Zeichnung der Brükke selbst giebt. Aber seine Beschreibung ist äusserst unzulänglich. Ja er wußte nicht mehr davon, als daß eine solche bei Mannheim ehemals gewesen, aber bei der französischen Verheerung im Jahr 1686 zerstört sei.

Der Herr Recensent der dritten Auflage des ersten Versuchs merkt einige Versehen der Nachweisung im Text auf die Kupfer mit Grunde an. Aehnliche Versehen waren auch in diesem Bande in der Hydrostatik entstanden, welche in den kurzen Tagen des abgewichenen Winters abgedrukt ward, in welchen die Beschaffenheit meines Gesichtes mir dieselben so unvermeidlich machte, daß ich deren einige noch am Schlusse dieser Vorrede berichtigen muß, ohngeachtet ich das Inhalts-Verzeichnis blos deswegen habe umdrukken lassen. Ich habe aber auch zur richtigen Nachweisung der §§. die Zahlen der ihnen angehörenden Figuren beigefügt, und auf den Kupferplatten selbst bei einigen nachgewiesen, welchen Paragraphen sie angehören.

J. G. Büsch.

Zu §. 29. gehört die nicht angeführte 9te Figur.
— §. 31. S. 64 Z. 5. 9te Figur l. 10te.
— §. 32. S. 66. Z. 3. v. u. f. Fig. 10 l. 11.
— §. 44. S. 84 Z. l. f. AB. C. AC.

§. 1.

Man stecke seinen Finger in eine zähe Erdart. Man wird einen Widerstand und eine Schwierigkeit fühlen sie zu durchdringen; aber wenn dieser überwunden ist, nichts weiter. Die Erde wird um den Finger stehen bleiben, und nicht auf ihn wirken, wenn er herausgezogen, dann aber wieder in eben diese Hölung hineingestossen wird. Man tuhe eben dieses in feinem sehr trocknem Sande. Der Widerstand gegen den eindringenden Finger wird schwächer sein; aber der aus einander getriebene Sand wird auf den Finger wirken, als wenn er ihn wieder aus der Stelle heraus nötigen wollte, die er eingenommen hat. Er wird auch, wenn der Finger herausgezogen wird, in die von demselben gemachte Hölung fallen, und sie größtentheils wieder ausfüllen. Man tuhe endlich auch eben dieses im Wasser. Hier wird der Widerstand am schwächsten, der nachfolgende Druck auf den Finger aber desto stärker, und fortdauernd sein, so lange der Finger sich in dem Wasser befindet. Man stosse ferner seine Hand oder den ganzen Arm in ein Gefäß voll Wasser, so wird man bemerken, daß der Druck um so viel lebhafter wird, je tiefer die Hand oder der Arm unter die Oberfläche des Wassers hinunter gestossen wird.

§. 2.

Man darf nur über diese so gemeine und alltägliche Erfahrung etwas nachdenken, um den Grund derselben sehr bald einzusehen. Die Teile der zähen Erdart hängen stark mit einander zusammen. Diesen Widerstand zu überwinden erfodert mehr Kraft, als bei dem trocknen Sande, dessen Körner zwar nicht zusammen hängen, aber doch rauh und eckigt sind, so daß die von dem Finger fortgedruckten Körner immer auf andre stossen, welchen die nächstgelegenen durch ihr Reiben widerstehen. Bei dem Wasser fällt dieß weg; oder vielmehr, weil der Widerstand so gar nichts ist, so lange der Finger nahe unter der Oberfläche hin und her fährt, so hat man Recht zu schliessen, daß weder Zusammenhang noch Reiben die Fortbewegung jedes einzelnen Teils merklich verhindert, wenn eine äussere Kraft ihn aus seiner Stelle verdrängt.

§. 3.

Eben deswegen aber wird ein jedes dieser Wasserteilchen, wenn es ja durch irgend eine Kraft für eine Weile über die Oberfläche erhoben wird, sich nicht dort erhalten können, sobald die Kraft nachläßt, welche es über derselben erhalten hat. Wir sind an diese Erfahrung so gewöhnt, daß wir es für ein Wunder halten würden, wenn wir in einem Glase voll gemeinen Wassers einen durch Blasen oder Schütteln unter die Oberfläche erhobenen Teil in seinem Orte sich nur einen

Augen-

Augenblick erhalten sähen. Bei einer zähen Feuchtigkeit z. B. Sirop oder Oel wundert es uns nicht. Denn wir sehen in der Zähigkeit und Klebrigkeit der Teile dieser Flüssigkeiten einen Grund ein, warum dieselben nicht sogleich nachgeben, wenn einzelne über die Oberfläche hervorgehobene Teile sich wieder herabwärts senken wollen, aber dieß nicht können, ohne die unter ihnen oder seitwärts liegende Teile auf die Seite zu schieben, welches nicht geschehen kann, ohne deren nicht ganz unbeträchtlichen Zusammenhang zu stören. Wenn wir ganz trocknen Sand in einen Hügel formen, so wundern wir uns nicht, nachdem ein Teil desselben seitwärts abgeschossen ist, den Rest ruhig liegen bleiben zu sehen. Denn wir wissen, daß das Reiben der Sandskörner gegen einander wol genug vermöge, um der Schwere entgegen zu wirken, mit welcher ein höher liegendes Korn sie drückt, um den möglich niedrigsten Ort einzunehmen. Aber wir mögen nun bei dem Wasser schon vorher annehmen, daß dessen Teile wenig oder gar keinen Zusammenhang und Reiben haben, so fällt aller Grund weg, warum nicht ein jeder über die Oberfläche erhabene Teil den niedrigern Ort einnehmen sollte. Oder nehmen wir dieß nicht vorher an, so werden wir eben dadurch auf diese Folgerung geleitet: weil kein Teil gehindert wird, sich eben so niedrig herabzusenken, als seine Nachbaren, so muß unter diesen keine Kraft des Zusammenhanges oder des Reibens Statt haben, mit welcher sie dem Druck des den niedrigen Orts suchenden Teils entge-

gen wirken und ihn in einer höhern Lage erhalten könnten, als welche sie selbst haben. Dem zufolge halten wir die Fläche, in welche eine Masse Wasser sich formt, für eine vollkommene ebene Fläche.

Indessen kann es die Fläche grosser Gewässer nicht allerdings sein, sondern in ihr würde sich, wenn man eine hinlänglich grosse Fläche übersehen könnte, eine runde Figur zeigen; in welcher alle Puncte von dem Mittelpuncte der Erde gleich weit abstehen. Denn da die Teile des Wassers blos durch ihre Schwere in die uns so ganz eben scheinende Fläche sich herabdrucken, diese Schwere aber auch in grössern Gegenden der Erde sich gleich ist, so ist nicht mehr Grund, warum in einem grossen Meilenweiten See, wenn nicht eine andre Kraft, als die Schweere auf dessen Teile wirkt, im Osten Ein Teil Wasser weiter als im Westen von dem Mittelpunct der Erde liegen sollte, als warum in einem Glase Ein Teil Wasser weiter von dem horizontal gestellten Boden desselben sich erhalten sollte, als der andre. Ich rede hier nicht von dem, was die Theorie sowol, als die Erfahrung, von der Schwungkraft der Erde in der Wirkung der Schweren verändert.

Anmerkung.

Daß jedoch die Teile des Wassers einigen Zusammenhang haben, zeigt sich aus der alltäglichen Erfahrung, daß, wenn man die Spitze des Fingers ins Wasser taucht, ein Tropfen an derselben lange hängen bleiben kann. Die in der ganzen Natur wirksame

Kraft

Kraft der Anziehung (§. 67. meiner Mechanik) findet sich auch zwischen den Wasserteilchen, aber im eigentlichen Wasser in einem so schwachen Grade, daß sie in den hier zum Grunde gelegten Erfahrungen als gar nicht Statt habend angesehen werden kann, weil sie nicht bemerkbar ist. Flüssige Massen, in denen sich zu der dem Wasser eignen anziehenden Kraft noch eine Ursache des Zusammenhangs mehr fügt, und die wir daher schmierig und klebricht nennen, werfen sich ebenfalls in eine horizontale Fläche. Der Widerstand, welchen dieselben einem auf sie geschütteten Tropfen gleicher Art entgegen setzen, ehe sie demselben ausweichen, äussert sich zwar, endigt sich aber auch bei ihnen in einer merklichen, bei dem reinen Wasser aber in einer unbemerkbaren Zeit. Eben so unbemerkbar ist die Zeit, welche darüber vergeht, wenn reines Wasser die Oberfläche eines in dasselbe versenkten Körpers ganz umgiebt, oder durch eine Oeffnung auszufliessen anfängt, die in einem Gefässe, welches dasselbe enthält, plötzlich entsteht. Unendlich klein ist diese Zeit nicht; denn der Widerstand, den die Anziehung der Teile des Wassers allen hiebei vorfallenden Bewegungen entgegen setzt, ist es nicht. Aber er kann in allen Fällen übersehen werden, wo vom Druck und Gegendruck des Wassers die Rede ist, keinesweges aber in denen, wo eine schnelle Bewegung des Wassers oder eine Bewegung grosser körperlicher Massen durch das Wasser Statt hat, welche Fälle für die Hydraulik gehören.

§. 4.

Von einer Substanz, die einer jeden Kraft so leicht nachgiebt, als das Wasser, möchte man muhtmassen, daß auch deren Teile in sich wenigstens einem starken Drucke nachgäben, und sich in einen kleinern Raum zusammen pressen liessen, als welchen sie in ihrem natürlichen Zustande einnehmen. Davon würde eine Folge die-

ses sein, daß das Wasser sich in sich selbst zusammen drückte, und also auf dem Boden eines Gefässes dichter zusammen läge, als nach oben zu. Es müßte vollends auf dem Boden des Meeres viel dichter, als oberhalb sein. Den Alten ist nicht eingefallen, sich ganz gewiß zu machen, ob dies wirklich so sei. Als man aber im vorigen Jahrhundert die Natur im richtigern und zuverlässigern Wege zu erforschen anfieng, so war einer der ersten Versuche, welche die zu Florenz in dieser Absicht errichtete und von dem Grosherzog unterstüzte Akademie del Cimento anstellte, dieser: Man verfertigte von Gold eine hole Kugel, die man, nachdem sie genau mit Wasser gefüllt war, fest verschliessen konnte. Man brachte sie unter eine Presse, und, so bald als die Kugel dem Druck nachgab und etwas platt ward, drang auch schon das Wasser durch die Zwischenräume des Goldes, des dichtesten Körpers, welchen die Natur hat, allenthalben durch. Man muß, um die Zuverlässigkeit dieses Versuches einzusehen, annehmen, was die Geometrie beweiset, daß eine vollkommene Kugel ihre Form auf keine Weise verändern könne, ohne daß der innerhalb derselben begriffene Raum kleiner werde. Zwar hat Herr Hofrath und Prof. **Zimmermann** in Braunschweig vor wenig Jahren durch Versuche, die er mit einem andern Werkzeuge anstellte, erwiesen, daß das Wasser wirklich einige Zusammendrückung leide. Indessen beweiset der Florentinische Versuch teils die Feinheit der Urstoffe des Wassers, welchem auch die kleinen Zwischenräume des Goldes nicht zu enge

sind

sind, teils das grosse Widerstreben des Wassers gegen jede Kraft, die es in einen engern Raum zusammen pressen will, bei welcher es lieber die engsten Auswege sucht, als daß es dieser Kraft nachgäbe. Wir haben Ursache, nach den Zimmermannischen Versuchen anzunehmen, daß das Wasser im Grunde eines tiefen Meeres freilich etwas dichter als oben sei, weil es von so vielem öbern Wasser gedruckt wird. Aber in allen Gewässern, auf welches diejenigen Erfahrungen gehen, welche ich nun weiter erläutern werde, dürfen wir diesen Umstand nicht beachten, weil wir in mässiger Wasserhöhe noch keinen Druck annehmen können, der demjenigen glieche, durch welchen das Wasser durch die Zwischenräume des Goldes weggepreßt werden könnte. Wir nehmen also mit Grunde und ohne Gefahr eines merkliches Irtuhms alles Wasser in grossen Gefässen, in Flüssen, selbst im Meere bis in die Tiefe, zu welcher der Kiel des größten Schiffes hinabsinkt, als eine Substanz von durchaus gleicher Dichtigkeit an.

Freilich verändern zufällige Umstände, insonderheit Wärme und Kälte und die Zumischung fremder Körper, welche das Wasser in seine Zwischenräume aufzunehmen geneigt ist, z. E. des Salzes, den Grad der Dichtigkeit des Wassers. Aber dann bleibt doch immer jene Voraussetzung für jede Masse Wasser wahr, die sich in gleichen Umständen befindet.

§. 5.

§. 5.

Indessen ist das Wasser ein schwerer Körper, und jeder seiner Urstoffe ist schwer. Folglich hat ein unaufhörlicher Druck der Teile desselben auf einander Statt, so wie er auch bei zähen klebrichten Substanzen, wenn sie gleich aus vielen kleinen nicht fest zusammen haftenden Teilen bestehen, Statt haben muß, wo der untere Teil immer alle über ihm befindlichen Teile tragen muß. Wenn man sich indeß allen Zusammenhang zwischen diesen Teilen wegdenkt, so muß auch ein Seitendruck Statt haben, welcher bei Substanzen jener Art nicht merklich wird. Man nehme aus einer Masse zäher Erde durch irgend ein Werkzeug ein Stück heraus; es wird eine Hölung bleiben. Der Zusammenhang stört die Neigung der in derselben um die Hölung befindlichen Teile, hinab zu sinken. Man nehme aber mit irgend einem Werkzeuge z. B. mit dem bekannten Stechheber, eine cylindrische Masse Wassers mitten aus dem übrigen Wasser heraus; so ist keine Ursache da, welche das Wasser, das sich rings um diesen leergewordenen Raum befand, hindern könnte, in diesen Raum von allen Seiten her sich hinabzusenken. Jede Particel wird von den über ihr befindlichen gedruckt, aber durch keinen Zusammenhalt gehindert, da hinaus zu weichen, wo das weggenommene Wasser ihr den Raum dazu giebt.

§. 6.

Diese so altägliche Erfahrung können wir uns sehr wichtig sein lassen. Sie wird uns, wenn wir ihr nä-

her

her nachdenken, den Grund aller Regeln geben, nach welchen der Druck des Wassers in allen vorkommenden Fällen zu beurteilen ist.

Wenn das Wasser in einem Gefässe auch noch so ruhig steht, so können oder vielmehr müssen wir annehmen, daß dessen Teile einen fortdauernden Druck auf einander üben. Allenthalben, wo Druck ohne Bewegung ist, da sind die drückenden Kräfte im Gleichgewicht. Man denke sich einen kleinen oder einen grössern Teil einer solchen Wassermasse, so ist er mit allem übrigen Wasser im Gleichgewicht.

Jezt gehe ich zu der ersten Erfahrung §. 1. zurück, um die Grösse des Drucks zu schätzen, welchen mein Finger von dem Wasser fühlt, in welches ich ihn tauche.

Ehe ich den Finger ins Wasser tauchte, war unter der Oberfläche desselben eine Masse Wasser, an Grösse und Figur diesem Finger gleich. Ich will sie daher einen wässernen Finger nennen. Dieser wässerne Finger würde sich bei seiner Schweere nicht in dem Platz erhalten haben, den er einnahm, wenn nicht das ihn umgebende Wasser ihn darin erhalten hätte. Er drückte, und ward gedrückt. Die Grösse des Drucks, welcher auf ihn wirkte, läßt sich aus der Wirkung beurteilen. Diese war genau so, nichts geringer und nichts grösser, daß sie den wässernen Finger in seiner Lage erhalten konnte.

Sie war also dessen Gewichte gleich. Denn, wenn ich sonst ein Gewicht, z. B. von 100 Pfunden seiner Schwere entgegen gehalten sähe, so würde ich, ohne die Kraft zu sehen, die dies bewirkt, und ohne das Werkzeug zu sehen, durch welche sie dies bewirkt, schliessen, die Kraft sei genau 100 Pfunden gleich. Denn ihre Wirkung ist so groß, daß sie 100 Pfunde halten kann. Also war auch hier die Kraft, welche den wässernen Finger in seinem Orte erhielt, dem Gewicht desselben gleich.

Es ist kein Grund erdenklich, warum das meinen Finger umgebende Wasser auf denselben anders drücken sollte, als es auf den wässernen Finger drückte, den mein Finger aus seiner Stelle trieb. Tauche ich meine Hand oder den ganzen Arm, tauche ich jeden andern Körper ins Wasser, so gelten eben diese Schlüsse. **Kurz, ein jeder ins Wasser getauchter Körper muß von demselben mit einer Kraft gedrückt werden, die dem Gewichte des Wassers gleicht, dessen Platz unter dessen Oberfläche er einnimmt.**

§. 7.

Man hänge einen Körper von der Art derjenigen, wovon man zum voraus durch die Erfahrung weiß, daß sie im Wasser untersinken, durch einen Faden an eine Waage an, bringe auf deren zweite Schale das zum Gleichgewicht nötige Gewicht, und hebe alsdann Wasser, das man in einem Gefässe hält, gegen ihn oder senke

die

die Waagschaale herab, daß der an derselben hängende Körper unter der Oberfläche des Wassers seinen Plaz bekomme. Er wird zwar noch unter dem Wasser sich erhalten, aber das Gleichgewicht wird gehoben werden, und die andere Waageschaale wird sinken. Denn in Ansehung seiner ist es auch wahr: Das Wasser übt auf ihn eben die Kraft, mit der es vorhin das Wasser in seiner Stelle erhielt, dessen Platz er einnimmt. Er kann also jezt nicht mehr mit dem vollem Gewicht niederwärts drücken, mit welchem er vorhin in freier Luft drückte. Man lege auf die nun gestiegene Waageschaale das zur Wiederherstellung des Gleichgewichts auch in diesen Umständen nötige Gewicht. Man kann gewiß sein, es sei dies das Gewicht desjenigen Wassers, welches der Körper aus seiner Stelle trieb.

So gewiß dieß dem Verstande wird, so gewiß wird er dem Auge, wenn man den Versuch auf folgende Art einrichtet: Man lasse sich ein cylindrisches, oder, weil es leichter für den Verfertiger ist, ein etwas conischaus-geholtes Gefäß, und einen dessen Hölung genau ausfüllenden Körper von Metall verfertigen. Ersteres A. (Fig. 1.) welches in freier Luft bleibt, hänge man zunächst, unter der Waage, lezteren B. welches versenkt werden soll, unten an A. Wenn nun bei dessen Einsenkung das Gleichgewicht gestört worden ist, so fülle man sanft das Gefässe A mit Wasser aus dem untern Gefässe. Eine kleine gläserne Sprütze ist am brauchbarsten zu diesem Zwecke. Sobald das Gefäß bis an den Rand ge-

füllt

füllt ist, wird das Gleichgewicht wieder hergestellt sein. (Ich überlasse die Beschreibung der Zurüstung, welche die dienlichste ist, um den Versuch bequem zu machen, eigentlichen Lehrbüchern der Experimental-Physik.) Die Sache verändert sich nicht, wenn man einen Körper, der allein genommen nicht im Wasser niedersinken würde, mit angehängten Gewicht unter das Wasser versenkt. (Auch die Beschreibung der dazu nöthigen Zurüstung setze ich hier bei Seite. In meinen Vorlesungen mache ich diesen Versuch jedesmal, und bin sehr überzeugt, daß die Hydrostatik nie ohne ihn anschaulich vorgetragen werden könne.) Kurz, es kömmt dabei nicht auf die Substanz des Körpers an, auch nicht auf seine Figur, die man nach Willkühr wählen könnte, wenn nur die genaue Ausarbeitung des Werkzeuges in jeder Form so leicht wäre, als bei einem auf der Drehbank zugearbeiteten.

§. 8.

Die alltägliche Erfahrung giebt, daß die Schweere der natürlichen Körper ganz und gar nicht nach deren scheinbaren Grösse sich richte. Wiewol nun die Wissenschaft, deren Gründe ich hier zu erläutern mich bemühe, allein die sichern Wege zur genauen Bestimmung der Schweere angiebt, welche die verschiedenen natürlichen Körper bei genau gleichem Raume haben, so wollen wir jezt uns nur darauf, als eine allgemein bekannte Sache berufen, daß es Körper gebe, die dem Wasser, dessen Platz sie einnehmen, gleich, oder mehr oder weniger, als dasselbe wiegen.

Gesezt also ein Körper wiegen dem Wasser gleich, z. B. ein Cubiczoll desselben wiege genau 500 Gran Apotheker-Gewicht, und eben so viel wiege der Cubiczoll des Wassers, in welches er hinabgelassen wird *), so wird das Wasser mit der Kraft auf ihn wirken, welche genau zureichte, den ihm gleich schweeren Cubiczoll Wasser in seiner Stelle zu erhalten. Es wird also auch diesen Körper genau halten. Genau halten, sage ich. Denn das den Körper umgebende Wasser wirkt dessen 500 Granen eben so und unter eben den Umständen entgegen, wie es den vorher in eben dem Raum befindlichen 500 Granen Wasser entgegen wirkte. Wie es nun diese in Ruhe erhielt, aber sich auch nicht von ihnen verdrängen ließ, so wird es auch hier gehen. Und wie die 500 Gran Wasser höher oben oder tiefer unten ihren Platz gleichmässig würden behauptet haben, so wird es auch dieser Körper tuhn.

§. 9.

*) In meinen Versuchen, die ich desfalls noch näher werde beschreiben müssen, wende ich einen Rheinländischen Decimal-Cubiczoll von Zinn an, und die dadurch erforschte Schweere des Brunnenwassers fällt mir jedesmal auf 502 Gran des Brunnenwassers aus, in welches ich ihn hinabsenke. Wiewol nun ich diesen Versuch für nicht vollkommen richtig ausgeben kann, indem er 3 Gran weniger hat, als er angeben müßte, um ganz genau mit den sorgfältigern Versuchen übereinzustimmen, durch welche die Schweere eines Rheinländischen Cubicfusses Brunnenwasser auf $63\frac{1}{4}$ Pfund Holländisches Troy-Gewicht bestimmt ist, und ich daher meinen Cubiczoll für nicht vollkommen

§. 9.

Wenn ich die Umstände kenne, in denen das Gleichgewicht zwischen zwei einander entgegen wirkenden Kräften erfolgt, so weiß ich eben damit, ob und wie das Uebergewicht auf der einen oder der andern Seite erfolgen müsse.

Wiegt also der Cubiczoll eines Körpers weniger als 500 Gran, so setzt ihm das Wasser eine grössere Kraft entgegen, als welcher er das Gleichgewicht halten könnte. Aber wie weit wird seine zu geringe Kraft auf dasselbe wirken? Denn etwas muß sie wirken, weil sie nur zu geringe, aber nicht Nichts ist.

Man nehme einen Cubiczoll Holz genau 300 Gran schweer an. Man lege ihn auf die Oberfläche des Wassers. Seine Kraft ist also der von 300 Granen eben des Wassers gleich. Wenn er diese aus ihrer Stelle gedruckt hat, so hat er bis dahin mit eben der Kraft gedruckt, mit welcher eine gleich schweere Wassermasse druckte, die sich in eben der Stelle erhielt. Das ihn umgebende Wasser, welches diese 300 Gran Wasser in eben dem Platze leiden mußte, muß auch bis dahin seiner

men richtig gemacht ausgeben kann, so halte ich mich doch hier an diese Zahl, und werfe, um sie noch bequemer für meine Erläuterungen zu machen, die 2 Grane, welche sie mehr hat, weg. Denn ein noch leichters oder durch die Wärme ausgedehntes Wasser würde gar wol diese 2 Gran weniger wiegen können.

seiner Kraft nachgeben; aber auch nicht weiter. Denn weil er bloß mit seiner Schweere auf das Wasser wirkt, so kann er mit 300 Gran Gewicht nicht eine Kraft überwiegen, die bis dahin 300 Gran Wasser in eben dem Raum zu erhalten vermochte. Er kann nicht Einen Gran mehr Wasser aus seiner Stelle treiben. Denn da würde er sogleich eine Kraft wider sich finden, die um diesen Einen Gran mehr als 300 Gran vermag, weil sie nicht 300 sondern 301 Gran Wasser in ihrer Stelle erhielt.

Also sinkt ein Körper, der leichter ist, als das Wasser, gerade so weit unter die Oberfläche desselben, bis er so viel Wasser aus seiner Stelle getrieben hat, als seinem Gewichte gleich schweer wiegt.

§. 10.

Wiegt aber der Cubiczoll eines Körpers mehr als 500 Gran, so reicht die Kraft des Wassers nicht zu ihn zu halten. Denn er druckt dasselbe mit mehrerer Kraft, als das Wasser wog, in dessen Stelle er sich eindrängt, welchem das umgebende Wasser genau das Gleichgewicht hielt. Er wird also dasselbe aus seiner Stelle vertreiben, bis eine andre Kraft, als die zu schwache des Wassers ihn unterstützt, das ist, wenn sonst ihm nichts entgegen strebt, bis er den Boden erreicht, der ihn, wie das Wasser, alsdann trägt.

§. 11.

§. 11.

Jetzt wird es nöthig sein, diese drei Sätze durch leicht anzustellende Erfahrungen und Betrachtungen zu bestättigen, und die nuzbarsten Folgerungen aus ihnen herzuleiten.

Es ist schweer, einen Körper auszuwählen, der mit dem Wasser ein genau gleiches Gewicht hielte, und also den §. 8. angegebenen Satz durch die Erfahrung unmittelbar zu bestimmem. Gesetzt man träfe einen Körper z. B. eine gewisse Holzart, welche einer Art Wasser in bestimmtem Zustande genau gleichwiegend wäre, so wird er es nicht so einem andern Wasser oder eben jenem in einem veränderten Zustande sein. Doch zeigt sich die Sache völlig deutlich in solchen Erfahrungen, in welchen entweder eben das Wasser seine Dichtigkeit, oder der Körper bei unverändertem Gewichte seine Grösse ändert.

Von dem ersten sieht man ein Beispiel in dem Werkzeuge, welches die Barometermacher als eine Art von Thermometer verkaufen. In einer kurzen aber weiten geschlossenen Röhre treiben im Weingeist gläserne hole Kügelchen mit gläsernen Stielen, welche sie ungefähr in gleiche Schwere mit dem Weingeist setzen, wiewol sie noch einen kleinen Unterschied unter einander halten. So wie der Weingeist warm wird, sinken sie einzeln nach einander; wird er kälter, so steigen sie. Bei

unver-

unverändertem Grade der Wärme aber hängen einzelne höher oder niedriger in demselben ohne Bewegung.

Von dem zweiten sehen wir die Beispiele an den Fischen. Sie sinken oder heben sich in dem Wasser, je nachdem sie ihre Blase entweder durch die Muskeln ihres Bauches zusammen drucken, und folglich bei unverändertem Gewicht weniger Raum unter dem Wasser einnehmen, oder der Federkraft der in der Blase verschlossenen Luft Raum lassen, daß sie dieselbe ausdehnen und ihrem Körper folglich einen grössern Raum bei unverändertem Gewicht geben kann.

Wir werden unten einsehen, wie das Wasser im Verhältnis der Höhe stärker drucke. In grosser Tiefe würde also der Druck des Wassers für die Federkraft der in der Blase der Fische enthaltenen Luft zu stark werden, und diese dem Fische nicht mehr helfen können, ihn zu heben. Aus dieser Ursache suchen also die Fische, welche diesen Bau des Körpers haben, die seichten Oerter des Meeres, weil sie doch nicht immer schwimmen können, sondern auch auf dem Boden der Gewässer zuweilen ausruhen wollen. Hier kann also der Seefischer sie beisammen finden, und einen so reichen Fang erwarten, als welcher nicht Statt haben würde, wenn die Fische sich überall durch das tiefe Meer verteilen könnten.

Eine ähnliche Hülfe brauchen die tierischen Körper zum Schwimmen. Es ist überhaupt gewiß genug, daß die Masse der meisten tierischen Körper etwas leichter ist, als das Wasser, dessen Stelle sie im Sinken einnemen. Die Beschaffenheit der Bestandteile einzelner tierischer Körper giebt ihnen eine Leichtigkeit, bei welcher sie gar nicht sinken können. Man hat Beispiele von einigen Menschen, die ohne alle Kunst des Schwimmens auf jedem Wasser ohne Gefahr trieben. Indessen giebt uns unser Gefühl, daß wir von einem Ohtemzug zum andern einen grössern Raum nach dem Einahtmen, und einen kleinern nach dem Ausahtmen einnehmen, ohne daß unser Gewicht durch die in die Lunge tretende Luft beträchtlich vermehrt würde. Mit dem Raum, den ein Mensch nach dem Einahtmen einnimmt, ist er allemal leichter, als das Wasser, dessen Platz er füllt, und muß also schwimmen können, so lange er sich in diesem Zustande zu erhalten weiß. Wenn er ganz ausahtmet, wird er wenigstens so tief sinken, daß er seinen Mund nicht über Wasser erhalten kann, wenn er sich nicht durch Aufschlagen der Hände auf das Wasser so lange hebt, bis er wieder eingeahtmet hat. Ein guter Schwimmer erhält sich daher am leichtesten über dem Wasser auf dem Rücken liegend, wo er auch beim Ausahtmen den Mund über dem Wasser erhalten kann.

Tiere, denen ihr von dem Rücken herauf gebogener Hals eine grössere Leichtigkeit giebt, den Mund über

über dem Wasser zu erhalten, wie z. B. Hunde und Pferde, schwimmen daher im stillen Wasser ohne die geringste Gefahr.

§. 12.

Wir wollen aber jetzt über solche Körper uns näher belehren, die von dem Gleichgewicht mit dem Wasser ins mindere mehr, als die tierischen Körper, abweichen.

Eine Erfahrung, die nicht viele Zurüstung bedarf, um die oben §. 9. angegebene Regel zu beweisen, ist folgende. Ein Stück Holz, so genau, als möglich, auf die Grösse von zwei Rheinländischen Decimal-Cubiczollen ausgearbeitet, wird ausgehölt, daß es mit kleinen in dasselbe geworfenen Gewichten allmählig beschwert werden kann. So ausgehölt wiege es 500 Gran; dann wird es mit seiner Hälfte über dem Wasser treiben, wiewol das Auge diese Hälfte nicht so genau schätzen kann, oder schätzen darf. Wenn ich dann es mit andern 504 Granen beschwere, so sinkt es so weit, daß das Wasser seinen Rand rings um so genau berührt, als das Auge nur einigermassen beurteilen kann, und also genau zwei Cubiczolle Wasser aus ihrer Stelle treibt, welche ebenfalls nach meinen Versuchen 1004 Gran wägen.

Man kann hievon die Anwendung mit Zuverlässigkeit auf Schiffe machen. Ein nicht beladenes Schiff

wird mit seiner Schweere genau so weit einsinken, daß es die dieser an Gewicht gleichende Masse Wasser aus ihrer Stelle treibt. Wir wollen annehmen, es sinke 6 Fuß tief von dem Kiel an bis zur Linie A B Fig. 2. Nun könne es die See nicht mehr gut durchsegeln, wenn es tiefer als bis zur Linie C D, (wir setzen noch andre 6 Fuß) im Beladen hinabsinkt. Es ist klar, daß dieß erfolgen werde, wenn das Gewicht der eingenommenen Ladung der Wasser-Masse gleicht, welche bei diesem fernern Einsinken aus der Stelle getrieben wird, die an Grösse und Figur dem zwischen den beiden Durchschnittsflächen begriffenen Stücke des Schiffes gleicht, welche durch die Linien A B und C D angedeutet werden. Gäbe es nun eine Messung und Rechnung, welche mit Gewißheit ausmachte, daß dies Stück 12500 Hamburger Cubicfuß betrage, so ist die Folge diese: Das Schiff kann 600000 Pfund laden. Denn der Hamburgische Cubicfuß wiegt an Flußwasser 48 Pfund; und 12500 mal 48 Pfund machen 600000. Oder umgekehrt: Würde alles, was in das Schiff geladen wird, genau abgewogen, und es fände sich dann, daß es mit Einladung von 600000 Pfunden Gewicht genau von A B bis C D einsünke, so wäre die Folge davon diese: Der eingesenkte Teil des Schiffes ist genau 12500 Cubicfuß groß.

Allein jene Messung läßt sich nicht leicht bestimmt machen; und diese genaue Abwägung mögte viele Weitläuftigkeit verursachen. Zudem ist der gewöhnliche Fall

die-

dieser, daß man gerne von dem Schiffe wissen mögte, was für eine Ladung es fassen könne, ehe es seine Ladung einnimmt, ja sogar, ehe man mit dessen Bau den Anfang macht, und man durch die Erfahrung ausmachen kann, wie viel es wirklich einladen könne.

§. 13.

Man hat allerlei Regeln, um die Ladung eines schon fertigen Schiffes zu schätzen, in denen um so mehr willkührliches ist, je weniger die Schiffe selbst nach festen Regeln ja nicht einmal alle nach einem Risse oder Modelle gebauet werden. Hat man indessen einen zuverlässigen Riß von dem noch zu bauenden oder schon gebaueten Schiffe oder nur genaue Maassen von dem unter Wasser gehenden Teil eines Schiffes, so kann man auf folgende Weise zu einer sichern Schätzung gelangen, wie grosse Last ein Schiff tragen könne: Man lasse einen Kloz von Holz so zuarbeiten, daß er in seiner äussern Form ein richtiges Modell von diesem unter Wasser gehenden Teile des Schiffes nach einem reducirten Maasse abgebe. Man nehme z. B. einen halben Zoll für einen Fuß am Schiffe selbst. So würde dies Modell doch nicht übergroß, und für ein Schiff, das 100 Fuß im Kiel hält, nur 50 Zoll lang werden. Kann das Schiff nach seiner Figur 12 Fuß tief gehen, so reichen 7 Zoll Höhe zu, um blos einen Rand zu lassen, wenn das Modell in der zu machenden Probe beladen wird. Denn alles, was von dem Schiff über dem Wasser bleibt, darf nicht ins Modell gebracht

wer-

werden. Nun höle man den Kloz so weit aus, daß er noch etwas höher nach seinem kleinern Maasse treibt, als das Schiff, wenn es ohne Ladung auf dem Wasser liegt. Gesezt dieses geht 6 Fuß tief, so muß daß Modell sich nicht vollends bis 3 Zoll einsenken. Es ist ganz recht, wenn es bis an dieses Maas sinkt. Aber ich verlange die Genauigkeit nicht. Denn ich kann durch eingelegte Gewichte es bis an diese Tiefe genau senken. Geht das ledige grosse Schiff etwa nicht gleich tief vom Vor- und Hinter-Staven, so kann ich auch dies durch die ins Modell geladenen Gewichte genau nachahmen.

Ist mir auch daran gelegen zu wissen, wie viel das ledige Schiff wiege, so kann ich es nun zuverläßig erfahren. Ich bringe das Modell mit dem bis dahin eingeladenen Gewichten auf die Wage. Gesezt ich finde es 24 Pfund schweerer, so schliesse ich daraus, es habe da es bis zu der Masse einsank, die mir dem an dem grossen Schiffe genommenen übereinstimmte, genau einen halben Hamburgischen Cubicfuß oder 864 Cubiczoll Flußwasser aus der Stelle getrieben. Ein Cubiczoll meines Modelles gilt mir für 8 Cubicfusse an dem grossen Schiffe. (Denn der Cubicfuß eines halben Zolles, welcher achtmal in dem ganzen Cubiczoll steckt, gilt mir für einen Cubicfuß) Das grosse noch ledige Schiff verdrängt also durch sein Gewicht 8mal 864 oder 6912 Cubicfuß Wasser, deren Gewicht 331776 Pfund ist. So schweer ist also das Schiff allein.

Nun:

Nunmehr beschwere ich das Modell, bis es auf 6 Zoll tief sinkt oder 6 Zoll vorne und $6\frac{1}{4}$ Zoll hinten, weil man doch ein jedes Seeschiff hinten mehr beschweret als vorne. Jezt wollen wir genauer rechnen. Gesezt die bis dahin hinzugekommenen Gewichte betragen 26 Pfunde 18 Loht, so braucht es nur der simpeln Rechnung: 24 Pfund geben 864 Cubicfuß, was $26\frac{9}{16}$ Pfund? Diese Rechnung giebt 7650 Cubicfuß, welche durch 48 multipliciret 367200 Pfund geben.

Bekanntlich schätzt man die Ladung eines Schiffes bei den meisten handelnden Nationen nach Tonnen von 20 Centnern oder 2240 Pfund Gewicht. Dieß Schiff würde also auf beinahe 163 Tonnen zu rechnen sein. In unsern Gegenden aber ist die Schätzung nach Commerzlasten von 6000 Pfund gewöhnlicher. Von diesen würde also ein solches Schiff $61\frac{1}{5}$ halten, worin es bei einem so grossen Schiffe auf 1000 Pfund mehr oder weniger nicht ankömmt. Auch in einem so grossen Modell werden einzelne Lohte nichts erhebliches bestimmen.

Anmerkung.

Ich weiß nicht, ob diese Methode bisher von irgend jemandem angegeben oder geübt ist. Ich bin schon längst auf dieselbe durch eine andre geleitet, welche ich in Sutherlands Shipbuilders Assistant London. 711. 4. fand, die aber ungemein viel weitläuftiger, kostbarer aber auch unsicherer ist. Er schnitt Stücke von Holz in einer nach seinem Zweck bestimmten Dicke genau zu rechtwinklichten Parallelepipeden geformt, maß und wog sie. Nun modellirte er aus diesen den unter Wasser sich senkenden Teil des

noch

noch ledigen vom Stapel gelassenen, des mit seiner Mannschaft, Masten u. s. w. beschweerten, und endlich des beladenen Schiffes, wog sie wieder, und berechnete daraus den körperlichen Inhalt des Modells, und folgends aus dem Verhältnis des Maasses auch den des grossen Schiffes. Das Modelliren der Stücke wird hier schweerer, als die des Einen ausgehölten Stücks, welches ich allein verlange. Die genaue Zuformung eines Parallelepipedi, damit man es zuverlässig berechnen könne, hatte eben so viel Schwierigkeit, und die auf das Gewicht gegründete Rechnung ward dadurch sehr unsicher, daß so grosse Stücke Holz unmöglich gleichförmig in Dichtigkeit und Schweere sein können. Es ist mir ein Beweis gewesen, wie ein Mann bei einer so mühsamen Erfindsamkeit gerade vor dem Punct stehen bleiben kann, der sich ihm auf dem Wege, den er gieng, so leicht hätte entdecken müssen. Er berechnete indeß die Ladung der Britischen Kriegsschiffe von jedem Range so, wie sie zu seiner Zeit und unter seiner Aufsicht gebauet wurden, mit mehrerer Genauigkeit, als ich sie bisher irgendwo angetroffen habe. Ich will daraus nur seine Angabe von einem Hundert Kanonenschiff hersetzen:

Das Gewicht des vom Stapel gelaufenen Schiffes	4,500,130	Pfund.
Die Kanonen, Mannschaft und Ausrüstung	782280	——
Der Ladung, die es alsdann noch einnehmen kann	2,726800	——
Total des Gewichts, mit welchem ein solches Schiff in See gehen kann	7,009210	Engl. Pfund.

Ich muß noch beifügen, daß man nach meiner Methode ebenfalls sehr leicht das Gewicht der Ausrüstung, Mannschaft und Provision eines Schiffes ausfindig machen könne. Gesezt

das

das grosse Schiff sinkt, durch diese allein beschweert, um Einen Fuß tiefer ein, so darf ich nur das Gewicht aufzählen, welches mein Modell um einen halben Zoll tiefer sinken macht. Ueberhaupt aber ist es klar, daß die Rechnung um so viel genauer ausfalle, je grösser das Maas für das Modell gewählt wird.

§. 14.

Es ist klar, daß ein Schiff nicht in jeder Art Wasser gleich tief einsinken werde. Da nun das Seewasser etwa Ein Pfund im Cubicfuß schweerer, als das süsse ist, so wird ein Schiff, das in einem Haven beladen worden, der süsses Wasser hat, sich etwas hervorheben, wann es in die See kömmt. Ich will eine Berechnung für ein Schiff einschalten, das 610 Tonnen im ganzen schweer ist, wie viel denen 12 Fussen abgehen würden, die es tiefer im Flußwasser geht, wenn ebendasselbe in Seewasser kömmt.

Es drücke in allem 1,368600 Hamburger Pfunde im Flußwasser aus ihrer Stelle, welche 28522 Hamburger Cubicfusse ausmachten. Im Seewasser nordischer Meere wird es mit eben dem Gewichte nur 27940 Cubicfusse des 49 Pfund schweeren Wassers aus der Stelle treiben. Das Verhältnis dieser beiden Massen ist in Decimalen 1000 zu 0,979. An ähnlichen Massen (wie ich die in beiden Gewässern sich einsenkende Masse des Schiffes ohne Gefahr eines beträchtlichen Irrtuhms noch immer ansehen kann) verhalten sich die gleichnahmigen Linien, wie deren Cubicwurzeln. Diese sind wie 1000

zu 993. In diesem Verhältniß mindert sich also die Tiefe von dem Flußwasser bis auf 12 Fuß oder 144 Zoll sich einsenkenden Schiffe: Nun rechne man: wie 1000 zu 993, so 144 Zoll zur vierten Zahl; und man bekömmt sehr nahe 143 Zoll. Das Schiff wird also in der See Einen Zoll minder tief gehen. Es wird mehr betragen, wenn eben das Schiff in Meeren südlicher Gegenden geht, deren Wasser schweerer, als das der nordlichen Meere ist. Aber im Ganzen ist doch der Unterschied nicht so beträchtlich, daß man in der Befrachtung eines grossen Schiffes sehr darauf achten dürfte.

Wichtiger aber ist es für einen Körper, dessen eigenthümliche Schweere der des Wassers schon sehr nahe kömmt. Ein 144 Pfunde schweerer Mensch wird 3 Cubicfusse Flußwasser aus ihrer Stelle treiben, und Mühe haben, sich des Sinkens zu erwehren. Aber im Seewasser werden 3 Cubicfusse ein Uebergewicht von 3 Pfunden haben, und wenn er 144 Pfunde dieses Wassers aus iher Stelle gedrückt hat, werden von seinem Körper, der in dem Flußwasser beinahe einsank, noch 3 Pfunde mehr über dem Wasser erhalten werden.

Umgekehrt aber wird ein Fahrzeug, das im Salzwasser noch Bord genug hatte, tiefer einsinken, wenn es in einen Canal voll süssen Wassers kömmt, und, wenn es vorhin so tief geladen war, als es irgends leiden konnte, nicht Bord genug behalten, um seine Fahrt

sicher

sicher fortzusetzen, oder den Grund berühren, worauf man vorher nicht rechnete. Man kann sich wenigstens die Möglichkeit eines daraus entstehenden Unfalls gedenken.

§. 15.

In eben demselben Wasser aber wird immer ein gleicher Teil des Schiffes unter Wasser sich senken, die Lage desselben mag auch durch irgend eine Kraft verändert werden, die nur nicht dasselbe von oben drückt. Eine solche ist der Wind, der es von der Seite her zwar in eine schiefe Lage druckt aber immer einen gleich grossen Teil des Schiffes unter dem Wasser lassen muß. Erregt der Wind grosse Wellen, so wird es im Herabschiessen von jeder derselben zwar vorne etwas tiefer einsinken, aber im Steigen wieder mehr gehoben werden, so daß man einen mittlern Zustand annehmen kann, in welchem es mit einem immer gleichen Teile unter das Wasser sinkt, und mit einem zweiten ebenfalls immer gleich grossen Teile über dem Wasser hervorragt.

Wenn der Wind ein Schiff seitwärts angreift, so legt sich dasselbe zwar um. Aber auch dann wird statt des auf der einen Seite sich ins Wasser senkenden Teils auf der andern Seite ein diesem an Raum gleicher Teil sich aus dem Wasser hervorheben. Dieß bleibt wahr, das Schiff mag haben, welche Figur es wolle, sie mag sich der cylindrischen nähern, oder es mag einen platten

Boden

Boden haben. Diese drehende Bewegung Fig. 3, bei welcher immer ein gleich grosser Teil des Körpers unter die Wasser-Linie sinkt, indem der andre über dieselbe steigt, setzt nach Gründen, die ich hier nicht aus der Geometrie herbei holen kann, eine Linie oder Axe voraus, um welche sie geschicht, und die wir, wenn wir nicht zugleich an das Sinken und Steigen des Schiffes mit den Wellen gedenken, als eine immer gleiche Lage über dem Wasser behaltend ansehen können. In dem Durchschnitt des Schiffes stellt sich diese als einen Punct M dar. Man nennt denselben in Schriften, die diese Sache erklären, das Metacentrum des Schiffes. Wir wollen ihn, weil er in der Axe dieser Bewegung liegt, den **Axenpunct** nennen.

Man kann sich eine deutliche sinnliche Vorstellung davon ohne viele Unkosten verschaffen, wenn man sich Hölzer nach der Figur solcher Profile in gleicher Dicke zurichten läßt, einen Stab, der den Mast vorstellt, in deren Mitte befestigt, und auch einen Faden daran heftet, der in horizontaler Richtung den ins Wasser gelegten Körper seitwärts ziehet. Man wird alsdann nach dem blossen Augenschein den Punct genau genug bestimmen können, um welchen diese Bewegung vorgeht. In einem Körper, dessen Durchschnitt für den unter Wasser gesenkten Teil rund ist, ist es genau der Mittelpunct des Cirkelbogens von dessen Profile.

§. 16.

§. 16.

Es ist leicht abzunehmen, daß der Schweerpunct eines so geformten Körpers, wenn derselbe von gleicher Substanz ist, unter diesen Axen-Punct fallen müsse, und daß dessen Lage tiefer unten sich bestimme, wenn dieser Körper ausgehölt ist, und auf seinem Boden Körper von schweerer Art hat. Dieser ausgehölte Körper kann zwar durch eine hinlänglich starke Kraft so weit gebracht werden, daß das Wasser über seinen Rand eintritt, ihn füllt und entweder sinken oder überschlagen macht. Aber nun sehe man auf dasjenige zurück, was ich §. 21. ff. meiner Mechanik von der Bewegung des Schweerpuncts gesagt habe, und wie derselbe einer jeden Kraft, die den Körper umzustürzen drohet, mehr oder weniger entgegen wirke. Man wird alsdann ohne Schwierigkeit verstehen, wie die Gefahr des Umschlagens immer geringer werde, wenn nicht eine überwiegende und mit einem plözlichen gar zu heftigen Stosse wirkende Kraft das Schiff auf einmal zu weit überschlagen macht.

Man hänge nun dem Mast unsers so eben beschriebenen, wenn gleich so unvollkommenen Modells vom Schiffe Fig. 4, an einem über eine in der Hand gehaltene Rolle gehenden Faden ein im gehörigen Verhältniß gewähltes Gewicht an. (Wenn der Klotz nach einem Radius von 2 Zoll geformt, und auf zwei Dritteil des Durchmessers abgeplattet, 9 Zoll lang, der Mast eben

so

so hoch ist, so vermag eine Unze schon ziemlich viel.) Indem das Modell sich seitwärts legt, fahre man mit der Hand und der Rolle niederwärts, damit der Zug, so viel als möglich, horizontal bleibe, so wie der Wind immer in horizontaler Richtung auf Masten und Segel wirkt. Bald wird die Unze sich mit dem Modell ins Gleichgewicht stellen, und das Schiff nicht weiter überziehen. Dieß Gleichgewicht mit einer Anfangs überwiegendem Kraft entsteht aus zwei Gründen:

1) Je weiter das Schiff sich auf die Seite legt, desto grösser wird der perpendiculare Abstand des Schweerpuncts G von jenem Axenpunct C, als dem Mittelpunct der Bewegung des Schiffes. (Man s. §. 23 meiner Mechanik) Im Anfange, da dieser Abstand nichts ist, kann auch die schwächste von der Seite her wirkende Kraft das Schiff etwas zur Seite hinüberbringen. Und weil unter denen verschiedenen Kräften, die auf das Schiff wirken, auch denn, wenn es gerade vor dem Wind segelt, doch immer eine oder die andere schief wirkt, so entsteht daher die rollende Bewegung des Schiffes, von welcher ich §. 85 der Mechanik in anderer Absicht geredet habe. Aber wenn der Seitenstoß des Windes hauptsächlich wirkt, so wird der Widerstand des Schiffes gegen diese Bewegung so lange zunehmen, bis der Schweerpunct einen Viertel-Cirkel beschrieben hat. Denn alsdann ist sein Abstand dem Radius des Kreises gleich, welchen er beschreibt. Dann wäre es

freilich

freilich zu spät. Aber der Widerstand ist schon halb so groß, wenn das Schiff auf 30 Grade übergeneigt ist. Gesetzt das Schiff (Fig. 5) ist mit der Ladung 1300000 Pfunde schweer, so hat der Wind es mit einer so grossen Kraft zu tuhn, die um die Linie C D von dem Punct C entfernt ist.

2) Der Wind wirkt auf den langen Hebel des Mastes horizontal und Anfang rechtwinklicht. Aber so bald das Schiff sich überlegt, so wirkt er schiefwinklicht. Wir wollen die Kraft des Windes auf den Punct E, ein Dritteil seiner Länge von O auf, reduciren. Wenn der Mast einen Winkel von 30 Graden mit der Perpendicular-Linie macht, so ist die Linie F C, welche den wahren Abstand dieser Kraft angiebt in dem Verhältnis 866 zu 1000 kleiner als E C.

Nun können wir eine leichte Rechnung machen. Beide Kräfte sind anzusehen, als einem Winkelhebel wirkend, der Wind in der grössern Entfernung F C, die Schweere des Schiffes in der kleinern C D. Das Schiff sei so groß und so beladen, daß der Schweerpunct 10 Fuß unter dem Axenpunct liege; so ist C D 5 Fuß groß. Der Mast sei von C ab 90 Fuß hoch, so ist C F 30 Fuß und C F folglich sehr nahe an 26 Fuß. Die zum Gleichgewicht nötige Kraft des Windes ergiebt sich also aus folgender Proportion.

26 : 5 = 1300000 ; 250000

Gesetzt

Gesetzt die Kraft des Windes wäre nun nicht nur so groß, sondern würde für einen Augenblick etwas überwiegend. Dann wird C D grösser und C F kleiner werden, folglich wird auch dann noch das Gleichgewicht sich wieder herstellen, und das Schiff nicht weiter überschlagen.

Ich weiß wol, daß die Schweere des Mastes, dem man einen besondern hoch über dem Axenpunkt C befindliche Schweerpunct beitragen kann, dem Schweerpunct des ganzen Schiffes entgegen wirkt. Aber es ist in einer solchen ungefähren Rechnung nicht nötig darauf zu achten, wenn man nur gelten läßt, daß der gemeine Schweerpunct von dem Schiffe und dessen Masten 10 Fuß unter dem Axenpunct nicht zu tief angenommen sei.

Man lasse indessen die dem Mast angehängte Unze auf einmal fallen, indem man mit der Hand und der Rolle auch etwas herunter fährt, so wird der erste Stoß das Modell weiter herüber ziehen, und machen, daß das Wasser auf dessen platte Fläche übertritt, und wenn es aufgehölt ist, es versenkt. Was also plötzliche Windstösse tuhn können, ist durch diejenige Rechnung nicht bestimmt, in welcher wir den Wind als eine gleichförmig wirkende Kraft, 250000 Pfunden gleich, ansehen.

Ich mag mein Buch nicht mit Erläuterungen andrer hieher gehörigen, aber durch eine leichte Anwendung

dung mechanischer Grundsätze einleuchtenden Dinge dehnen, z. B. daß die Kraft des Windes in dem Verhältnis mächtiger sei, je höher sie an dem Mast des Schifes wirke, u. dgl. m.

§. 17.

Wenn ein Körper so schweer ist, daß er unter Wasser sinkt, so wirkt dennoch das Wasser fortdauernd auf ihn, und kömmt einer jeden Kraft zu Hülfe, welche ihn zu bewegen trachtet. Die Kraft also, welche den Körper, da er auf dem Lande lag, nicht bewegen würde, wird es allenfalls tuhn können, wenn sie ihn unter dem Wasser liegend angreift. Verbindet sich nun mit der drückenden Kraft des Wassers noch eine andre demselben mitgeteilte Kraft, die des Stroms oder des Wellenschlages, so wird das Wasser auch einen unter dasselbe versunkenen Körper ungeachtet dessen überwiegender Schweere fortbewegen können. Gesezt ein Stein 120 Pfund schweer, von einer solchen Stein-Art, daß er die Schweere des Wassers in dem Verhältnis 5 zu 2 übertrift, und folglich einen Hamburger Cubicfuß groß, werde in einen lebhaften Strom geworfen, oder das durch den Wind stark bewegte Wasser greife ihn mit einer Gewalt an, die etwas mehr als 72 Pfund beträgt, so wird er nicht auf seinem Orte bleiben können. Denn der blosse Druck des Wassers wirkte schon seiner Schweere mit 48 Pfund Kraft entgegen. Er hat also nicht mehr Schweere genug, um einer zweiten in dem Wasser erregten Kraft, die mehr als 72 Pfund beträgt, zu wiederstehen.

Es ist klar, daß es bei einer solchen auf den Stein wirkenden Kraft des Wassers sehr auf die Fläche ankomme, auf welche dieselbe wirkt. Wenn nun gleich alle Steine unter dem Wasser an ihrer Schweere in gleichem Verhältnis verlieren, so wird doch der grössere Stein deswegen dem Wasser mehr widerstehen, weil er (nach geometrischen Gründen) eine verhältnismässig kleinere Fläche dem Wasser in den Weg bringt. Drei oder mehrere Steine von ähnlicher Figur, deren gleichartige Massen sich wie 1, 2, 3 u. s. f. verhalten, übertreffen sich an Schweere in dem Verhältnis 1. 8. 27 u. s. f. Ihre Flächen aber verhalten sich wie 1, 4, 9 u. s. f. Aus diesem Grunde muß man in Bauwerken, die man dem Wasser entgegen sezt, vorzüglich grosse Steine wählen, und darf die kleinern höchstens nur da brauchen, wo sie, von andern versteckt, vom Strom und Wellenschlage nicht angegriffen werden können.

Sehr kleine Körper können daher von dem Wasser leicht mit fortgeführt werden, wenn sie gleich viel eigentühmliche Schweere haben. Denn der Strom des Wassers wirkt bei ihnen auf eine verhältnismässig grössere Fläche, als auf jeden grössern Körper. Die Ströme führen daher den feinen Sand, den ihnen die Regengüsse zuschwemmen, sehr weit mit sich fort, den feinern modrigten Schlich aber noch viel weiter, wenn er gleich eben so wol zum Sinken geneigt ist, und lassen ihn nicht eher sinken, als bis der Strom schwächer wird, oder da, wo diese Teilchen aus dem Wege des stärkern Stroms heraus gerahten.

§. 18.

§. 18.

Die oben angeführte und bewiesene Erfahrung, daß die ins Wasser gesenkten Körper gerade so viel an ihrer Schweere verlieren, als das Wasser wiegt, dessen Raum sie einnehmen, ist an nützlichen und für die menschliche Wißbegierde wichtigen Folgen sehr fruchtbar.

Die erste derselben ist:

Man kann durch das Abwägen der Körper im Wasser aufs genaueste den Raum erforschen, den solche Körper einnehmen, ihre Figur sei beschaffen, wie sie wolle.

Hier muß ein Versuch vorhergehen, oder auf das Ansehen zuverlässiger Experimentalisten angenommen werden, durch welchen ausgemacht wird, wie viel das Wasser, in welchem man die folgenden Versuche macht, im Cubicfusse oder im Cubiczolle eines bestimmten Maasses wiege. Dieser Versuch wird geradehin angestellt, wenn man ein zu der Grösse eines Cubicfusses richtig gefertigtes Gefäß hat, und, nachdem man es ledig gewogen, mit Wasser genau füllt und so abwiegt. Das meinige, ein Hamburger Cubicfuß, giebt das Gewicht des Flußwassers genau 48 Hamburger Pfunde an. Will man aber auch das Gewicht eines Cubiczolles wissen, so kann man dasselbe freilich aus jenem berechnen. So fällt mir das Gewicht eines Hamburgischen Cubiczolles Flußwasser als $\frac{1}{1728}$ jener 48 Pfunde auf 217,6 Gran Apotheker-Gewicht aus. Oder man läßt sich einen Cubiczoll von Metall genau ausarbeiten, und wiegt diesen im Wasser ab. Wenn die

auf die eigne Schweere des Wassers gegründeten Versuche richtig gehen sollen, so muß man jedesmal vorher dieselbe sorgfältig erforschen. Dazu ist nun jenes Abwägen des ganzen Cubicfusses zu weitläuftig, und daher ist es besser, einen solchen Cubiczoll zu haben. Er muß aber ein mit jenem Abwägen übereinstimmendes Resultat geben; sonst hat wieder eine Unrichtigkeit Statt. Ein wichtiger Hamburgischer Cubiczoll muß 217,6 Gran geben. Doch bleibt immer jener Versuch mit dem holen Cubicfuß der zuverlässigere. Zwar hat ein guter fleissiger Künstler mehr Mühe, einen richtigen holen Cubicfuß, als einen richtigen soliden Cubiczoll zu machen. Aber ein kleiner Fehler in dem Cubiczoll begangen, wiederholt sich in dem Cubicfuß 1728mal. Man hat daher, wenn man ein richtig erprobtes Gewicht des ganzen Cubicfusses weiß, genug an einem jeden Stück Metall, dem man durch Abfeilen genau die Grösse, ohne Rücksicht auf die Figur gegeben hat, daß es von dem Gewicht eines Cubicfusses Wasser den Teil verliert, der ihm als einem Cubiczoll zukömmt. Einem Rheinländischen Decimal-Zoll kommen 503, einem Hamburgischen 376, und ist er ein zwölfteiliger Zoll, 217,6 Gran Apotheker-Gewicht zu.

Anmerkung.

Ich werde in dieser so wenig als den folgenden Disciplinen etwas mehr als solche Versuche und dazu dienliche Werkzeuge beschreiben, zu denen man ohne viel Schwierigkeit gelangen kann. Ich mag mein Buch nicht durch die Beschreibung solcher Werkzeuge

und

und Versuche ausdehnen, wie sie die ausgelernte Kunst eines Britischen Mechanikers liefert, oder wie sie der sorgfältige Untersucher der Natur verlangt, und in seinen Büchern beschreibt. Wer eine genaue hydrostatische Waage verlangt, schaffe sich eine feine Waage an, und lasse sich die nohtwendigsten Nebenstücke nach s'Gravesande oder Musschenbroeks Angabe verfertigen, zu welchen sogar viel mechanische Kunst nicht gehöret. Die Hauptsache kömmt bei sehr genauen Versuchen auf richtige klein eingeteilte Gewichte an, wozu man ebenfalls, welche Art und Einteilung man will, wählen mag. Zu Versuchen in meinen Vorlesungen sind mir Apothekergewichte hinlänglich. Zu schärfern Versuchen, in denen ich noch untersuchen möchte, was sonst nicht untersucht ist, oder fremde Versuche zu prüfen vor hätte, würde ich eine feinere ursprünglich zum Probiren bestimmte Waage und Richtpfennigs-Teile nehmen. Die Engländer verkaufen hydrostatische Waagen in Mahagonykästchen für $3\frac{1}{2}$ Pfund Sterling. Daß sie, wie alle ähnliche Britische Arbeiten, sehr sauber verfertigt sind, darf ich nicht sagen. Aber zu sehr genauen Versuchen sind sie nicht vollständig, und die Gewichte nicht klein genug. Auch sind sie nicht eingerichtet zu den Versuchen mit soliden Körpern, die leichter als das Wasser sind.

Ich beschreibe meine Versuche und deren Zurüstungen ungefähr so, wie ich sie in meinen Lehrstunden mit einer mittelmässigen Waage anwende, nicht um neue Wahrheiten an den Tag zu bringen, sondern um die Wege zu zeigen, in welchen man die physisch-mathematischen Wahrheiten, welche ich vortrage, mit einer so grossen Bestimmtheit und Gewisheit ausgemacht hat, daß man von natürlichen Körpern das Verhältnis ihrer eigentühmlichen Schweere in Tausendteilchen angeben kann.

§. 19.

Man senke einen unförmlichen Körper an der Waage hängend ins Wasser, nachdem er vorher ins Gleich-

gewicht

gewicht gesezt gewesen war. Noch sei die Frage nicht, was er in sich wiege. Ins Wasser gesenkt wird er das vorhin gehabte Gleichgewicht verlieren. Nun lege man auf die steigende Waagschale so viel Gewichte, daß das Gleichgewicht wieder hergestellt wird, und zähle diese genau. Gesezt, es werden dazu 537 Gran erfodert. Die untrügliche Folge ist, daß der Körper 2,469 Cubiczoll groß sei. Denn

217,6 Gran geben einen Hamburger Cubiczoll, was geben 537? Die Rechnung giebt, 2,469.

Gesezt es sei dies so grosse Stück Metall aus dem Gusse einer Statue genommen, deren körperlichen Inhalt ich aufs genaueste zu wissen verlange, da ich ihr volles Gewicht weiß. Für die Geometrie ist die Berechnung aller solcher Körper von irregulärer Figur zu hoch. Die Hydrostatik aber lehrt es ohne Schwierigkeit ausmachen. Sie braucht nur das reine Gewicht, das im Wasser verlohrne Gewicht dieses Stückes, und das Gewicht des Körpers, dessen Inhalt man ausmachen will. Angenommen, das Stück Metall halte genau $\frac{3}{4}$ Pfund und das Gewicht der Statue sei 225 Pfund, so darf ich nur rechnen:

$\frac{3}{4}$ ℔ : 225 ℔ = 2,469 Cubiczolle, so hat die Statue $740\frac{7}{10}$ Cubiczoll.

Ist der Körper zwar schweerer als das Wasser, aber in Körnern, z. B. Goldstaub, oder flüssig, wie das Queckſilber, ſo schüttet man ihn in ein kleines gläsernes Gefäß, das an die eine Waagschale gehangen wird, und stellt das Abwägen über und unter Wasser auf eben die Art an. Doch muß bei dem Abwägen im Freien das gläserne Gefäß schon unter Wasser hängen, damit man nicht besonders zu untersuchen nötig habe, was dieses Gefäß unter dem Wasser an seinem Gewicht verliere. Ist der Körper zu leicht, um im Wasser unterzusinken, so bedarf es einer kleinen an die Waage angehangenen Zurüstung, am besten eines messingenen Rahmens, an welchem ein Gewichte hängt, das den Körper, wenn er durch einen Haken oder Faden mit jenem Rahmen zusammenhängt, unter Wasser erhält. Doch muß auch diese Zurüstung bei dem Abwägen des Körpers in freier Luft schon in dem Wasser hängen.

§. 20.

Durch eben dieses Abwägen im Wasser erfährt man mit der größten Genauigkeit das Verhältnis der eigentühmlichen Schweere aller Arten von Körpern, das ist, des Gewichts, welches die Körper verschiedener Art bei gleichen Massen haben.

Es ist zwar sonst ein anscheinend leichter Weg dieses auszumachen, wenn man solche Körper z. B. verschiedene Holzarten, oder verschiedene Metalle zu ganz gleichen

chen Massen formt. Man bilde sie als Cubiczolle aus, oder giesse die geschmolzenen Metalle oder die flüssigen Körper in gleiche Formen oder Gefässe, und wäge sie dann ab. Aber ich habe schon vorhin von der Schwierigkeit geredet, Körper zu einer so ganz gleichen Figur auszuarbeiten. Mehrere flüssige Körper nach einander in Gefässe giessen, so daß sie dieselben jedesmal in genauester Gleichheit ausfüllen, hat eine grosse Schwierigkeit wegen des durch die Anziehung entstehenden Randes. Alles geht viel sicherer in folgenden Wegen:

1) Für die festen Körper. Man nehme ein wenn gleich noch so unförmliches Stück des Körpers, welchen der Versuch gilt, und von beliebiger Grösse. Man wäge es in freier Luft ab, und dann im Wasser. Z. B. ein Stück Metall wiege in freier Luft 1950 Gran, und verliere im Regenwasser 220 Gran. Nun dividire man jene Zahl durch diese. Der Quotient ist in Tausendteilchen 8,864. Nun ist der Schluß untrüglich: Eben derselbe Raum von Wasser angefüllt, wiegt 220 Gran; von diesem Metall angefüllt wiegt er, 1950 Gran: also ist das Verhältniß 1:8,864.

Man nimmt in diesen Untersuchungen die Schweere des lautern noch nicht in Gefässen, von denen es fremde Teile in sich nehmen könnte, aufbehaltenen Regenwassers als die Einheit an, womit man die eigentühmliche Schweere aller Körper vergleicht. Ein destillirtes

Wasser

Wasser kann um $\frac{3}{1000}$ leichter werden. Fluß- und Brunnenwasser aber sind schweerer.

Man nehme ein Stück eines andern Metalles z. B. Blei. Bei dessen gedoppelter Abwägung ergeben sich die Zahlen 700 Gran und 61 Gran, welche das Blei im Wasser verliert. Folglich ist das Verhältnis der eigentühmlichen Schweere des Wassers zu der des Bleies wie 1 zu 11, 47. Nun wäge man auf ähnliche Art ein Stück Zinn in freier Luft ab. Es sei 864 Gran schweer, es verliere im Wasser 118 Gran. Demnach ist die Schweere des Wassers zu der des Zinns wie 1 : 7, 32. Will man nun noch dessen eigentliche Schweere mit der des Bleies vergleichen, so dividire man 11, 47 durch 7, 32; und das Verhältniß ist wie 1 : 1, 568.

Ist der Körper leichter als das Wasser, so bringt man ihn durch die im vorigen §. erwähnte Zurüstung unter das Wasser beim zweiten Abwägen. Alsdann fällt die zweite Zahl grösser aus, als die erste. Man dividirt aber diese durch jene, um das Wasser als die Einheit im Verhältniß zu behalten. Z. B. ein Stück Zuckerkistenholz wog mir in der Luft 1087, und verlohr unter Wasser 1819 Gran. Folglich ist das Verhältnis der eigentühmlichen Schweere des Wassers zu diesem Holze 1 : 0, 598 oder beinahe $\frac{3}{5}$.

§. 21.

2) Die eigentühmliche Schweere der flüssigen Körper, die ich in der Einleitung wässerigte genannt habe, ist eben so leicht auszurechnen.

Man

chen Massen formt. Man bilde sie als Cubiczolle aus, oder giesse die geschmolzenen Metalle oder die flüssigen Körper in gleiche Formen oder Gefässe, und wäge sie dann ab. Aber ich habe schon vorhin von der Schwierigkeit geredet, Körper zu einer so ganz gleichen Figur auszuarbeiten. Mehrere flüssige Körper nach einander in Gefässe giessen, so daß sie dieselben jedesmal in genauester Gleichheit ausfüllen, hat eine grosse Schwierigkeit wegen des durch die Anziehung entstehenden Randes. Alles geht viel sicherer in folgenden Wegen:

1) Für die festen Körper. Man nehme ein wenn gleich noch so unförmliches Stück des Körpers, welchen der Versuch gilt, und von beliebiger Grösse. Man wäge es in freier Luft ab, und dann im Wasser. Z. B. ein Stück Metall wiege in freier Luft 1950 Gran, und verliere im Regenwasser 220 Gran. Nun dividire man jene Zahl durch diese. Der Quotient ist in Tausendteilchen 8,864. Nun ist der Schluß untrüglich: Eben derselbe Raum von Wasser angefüllt, wiegt 220 Gran; von diesem Metall angefüllt wiegt er, 1950 Gran: also ist das Verhältniß 1:8,864.

Man nimmt in diesen Untersuchungen die Schweere des lautern noch nicht in Gefässen, von denen es fremde Teile in sich nehmen könnte, aufbehaltenen Regenwassers als die Einheit an, womit man die eigentühmliche Schweere aller Körper vergleicht. Ein destillirtes

Wasser

Wasser kann um $\frac{3}{1000}$ leichter werden. Fluß- und Brunnenwasser aber sind schweerer.

Man nehme ein Stück eines andern Metalles z. B. Blei. Bei dessen gedoppelter Abwägung ergeben sich die Zahlen 700 Gran und 61 Gran, welche das Blei im Wasser verliert. Folglich ist das Verhältnis der eigentühmlichen Schweere des Wassers zu der des Bleies wie 1 zu 11, 47. Nun wäge man auf ähnliche Art ein Stück Zinn in freier Luft ab. Es sei 864 Gran schweer, es verliere im Wasser 118 Gran. Demnach ist die Schweere des Wassers zu der des Zinns wie 1 : 7, 32. Will man nun noch dessen eigentliche Schweere mit der des Bleies vergleichen, so dividire man 11, 47 durch 7, 32; und das Verhältniß ist wie 1 : 1, 568.

Ist der Körper leichter als das Wasser, so bringt man ihn durch die im vorigen §. erwähnte Zurüstung unter das Wasser beim zweiten Abwägen. Alsdann fällt die zweite Zahl grösser aus, als die erste. Man dividirt aber diese durch jene, um das Wasser als die Einheit im Verhältniß zu behalten. Z. B. ein Stück Zuckerkistenholz wog mir in der Luft 1087, und verlohr unter Wasser 1819 Gran. Folglich ist das Verhältnis der eigentühmlichen Schweere des Wassers zu diesem Holze 1 : 0, 598 oder beinahe $\frac{3}{5}$.

§. 21.

2) Die eigentühmliche Schweere der flüssigen Körper, die ich in der Einleitung wässerigte genannt habe, ist eben so leicht auszurechnen.

Man

Man lasse eine Glas-Masse nach einer willkührlichen Form, doch mit einer Ohse blasen, daß man sie vermittelst eines Pferdehaars an die Waage hängen kann. Mit den Englischen hydrostatischen Waagen werden solche verkauft. Hat man keines dergleichen und ist man keiner Glashütte nahe, um sie verfertigen zu lassen, so lasse man sie von einem Barometermacher zwar hohl, aber mit eingefülltem Schrot und dicht geschlossen verfertigen. Glas muß es sein, nicht etwa Metall, damit es im Wasser nicht roste, oder in scharfen Feuchtigkeiten angegriffen werde und an seiner Masse verliere. Man wäge diese zuvörderst in Regenwasser ab, und merke das Gewicht, welches sie in demselben verliert. Nun mag man sie abwägen, in welcher Flüssigkeit man will, so giebt die dabei gefundene Zahl, durch jene dividirt, das Verhältnis, welches man erforschen will. Z. B. meine zu diesem Versuch angewandte Kolbe verliert im Regenwasser 600 Gran, im Weingeist 530 Gran. Der Quotient dieser Zahl durch jene ist 1 : 0,883, und dieß ist das Verhältnis der eigentühmlichen Schweere des Wassers und des Weingeistes. Sollen diese Versuche genau sein, auch wenn man sie oft wiederholt, so ist nöthig, daß man jedesmal, da man einen neuen Versuch der Art anstellen will, die Kolbe vorher in Regenwasser abwäge. Denn sie kann, zumal wenn sie hohl ist, bei wärmerer Luft sich ausgedehnt, bei kälterer Luft aber sich zusammen gezogen haben. Oder man muß die Temperatur des Wassers durch ein Thermometer erforschen und

zu gleichem Grade zu bestimmen suchen. Ein solches Thermometer wird von den Engländern jedesmal mit ihrer hydrostatischen Waage gesandt. Dann aber muß man die Kolbe lange genug in dem Wasser hängen lassen, damit sie dessen Temperatur annehme. Die Flüssigkeit aber, die man untersuchen will, muß vorher in einerlei Temperatur der Luft eine hinlängliche Zeit gehalten worden sein. Sonst können einerlei Versuche sehr verschieden ausfallen, wenn man z. B. das Wasser in kalter freier Luft hält, die andre Flüssigkeit lange vorher in einem warmen Zimmer gehalten hat, oder wenn man umgekehrt verfährt.

§. 22.

Durch diese Versuche, angestellt mit genau ausgearbeiteten Werkzeugen und mit Wahrnehmung derjenigen Umstände, die ich zum Teil angegeben habe, ist man jetzt von der eigentühmlichen Schweere eines jeden natürlichen so wol festen als flüssigen Körpers so gewiß, als es in Rücksicht auf alle dadurch zu erfüllende Zwecke nur verlangt werden kann. Ist dieselbe bei irgend einem Körper noch nicht ausgemacht, oder will man die eigentühmliche Schweere eines Körpers in einem bestimmten Zustande wissen, da man sie noch nicht kennt, so ist der Versuch bald von dem gemacht, der sich gehörig ausgerüstet hat. Denn Körper von gleicher Art und Benennung können unter verschiedenen Umständen und unter verschiedener Behandlungsart sehr verschieden

in

in eigentlicher Schweere werden. Metalle sind so, wie sie aus dem Schmelzfeuer kommend sich gesezt haben, beträchtlich leichter, als wenn sie gehämmert oder gepreßt sind.

Insonderheit aber verändert die Mischung solcher Körper, die einer Mischung fähig sind, deren eigenthümliche Schweere ins Unbestimmbare. Aber wenn die Mischung einmal vollendet ist, so giebt auch die Hydrostatik die Wege an, dieselbe, wenn nicht mehr als zwei Körper gemischt sind, mit einer Genauigkeit auszumachen, welche den Alten, als sie noch nicht die Probierkunst mit allen ihren feinen Kunstgriffen und Vorteilen kannten, selbst für ihr Münzwesen zulänglich war.

Diese Aufgabe, die Mischung zweier Metalle auszumachen, die freilich, wenn man die Wissenschaft methodisch vorträgt, nicht eine der ersten sein kann, veranlaßte zuerst die Erfindung der Hydrostatik. Die von den Alten auf uns gekommene Erzählung der Sache ist folgende: Hieron, König in Syrakus, hatte einem Goldarbeiter 18 Pfunde reines Gold gegeben, um ihm eine Krone daraus zu verfertigen. Da sie fertig geliefert ward, entstand ihm der Verdacht, daß sie mit Silber versetzt oder Silber inwendig in ihr versteckt sein möchte. Archimedes bekam den Auftrag es zu untersuchen, doch ohne das schöngerahtne Werk der Kunst durch Feilen zu untersuchen, oder sonst zu beschädigen. Die Aufgabe

machte ihn so lange verlegen, bis er einmal ins Bad gieng, und betrachtete, wie mit dem Einsenken seines Körpers das Wasser in dem Behälter in die Höhe stieg. Ich hab es gefunden, rief er aus, und vergaß sich, wie die Geschichte sagt, so sehr in seiner Freude darüber, daß er noch nackt über die Gasse nach Hause eilte, um in folgendem Wege die Sache auszumachen:

Er ließ sich 18 Pfund reines Gold und 18 Pfund reines Silber reichen. Jenes versenkte er in ein Gefäß voll Wasser, von welchem nun, als er das Gold einsenkte, eine gewisse Masse durch eine zu dem Ende gemachte Oefnung abfloß. Als er das Silber hineinsenkte, floß natürlich das Wasser ab, welches dem Raum gleich wog, den das Silber mehr, als vorhin das Gold einnahm. Dieß Wasser wog er ab. Als er die Krone hinein senkte, floß natürlich nicht eben so viel Wasser ab; denn die Krone war nicht ganz Silber. Aber es floß doch mehr Wasser ab, als welches bei Einsenkung der 18 Pfunde reines Goldes abfloß. Als er aber durch Wägen fand, das es ein Dritteil des vorher abgewogenen Wassers war, schloß er mit Recht, die Krone enthalte ein Drittel ihres Gewichts, oder 6 Pfund an Silber. Denn wenn der Unterschied des Raums zwischen 18 Pfund Gold und eben so vielem Silber eine Masse Wasser, die für so viel Cöllnische Pfunde ungefähr 91½ Quentgen gewesen sein würde, wirklich gab, so konnte der Unterschied des Raums von 6 Pfund Silber, die in der Krone waren, und 6 Pfund Gold, die

in ihr sein sollten, ein Drittel dieser Masse, nemlich $30\frac{1}{2}$ Quentgen geben.

Man sieht jedoch leicht ein, daß in diesem Abwägen des abfliessenden Wassers grosse Unrichtigkeit Statt haben mußte. Archimedes selbst geriet nachher auf die bessere Methode, die ein kleines Schriftchen von ihm darstellt. Wir wollen diese auf eben diese Aufgabe anwenden.

Da reines Gold $19\frac{1}{2}$ mal schweerer ist, als das Wasser, so mußten 18 köllnische Pfund Gold am Gewicht verlieren : : : : 6813 Gran

18 Pfund Silber : : 9487

der Unterschied wäre : : 2674

Verlohr nun die Krone ein Dritteil dieses Unterschiedes nemlich 891 Gran, so wäre es klar, daß man auf 6 Pfund Silber zu rechnen habe, welche in die Stelle von 6 Pfund Gold getreten sind. Man würde eben so auf jedes Verhältnis des einen Metalles zu dem andern aus dem Verhältnis des Unterschiedes rechnen können, welchen diese Versuche angäben.

Man sieht indessen wol ein, daß bei einer solchen Rechnung angenommen werde, daß die Metalle in der Mischung eben den Raum untereinander gemischt ausfüllen, welchen sie vor der Mischung nebeneinander einnehmen. Allein die Erfahrungen der Chemiker beweisen,

daß

daß dieß nicht allerdings Statt habe, sondern die meisten Metalle, wenn sie mit einander zusammen geschmolzen werden, so zu reden, zusammen kriechen. Dies verrückt die Rechnung zu sehr, als daß man durch solche Versuche das Verhältnis ihrer Mischung mit derjenigen Zuverlässigkeit ausmachen könnte, welche man insonderheit bei Untersuchung der Münzen verlangt. Dieß leistet denn die Probierkunst freilich besser, und die Hydrostatik würde also nur in solchen Fällen Dienste leisten können, da man nur das ungefähre auszumachen sucht, und insonderheit, wenn man, wie in der an den Archimedes gebrachten Aufgabe, kein Stück des gemischten Metalls hat, mit welchem man die Probe im Schmelztiegel machen kann.

§. 23.

In den Geschäften des gemeinen Lebens sind die Fälle, da man die eigentühmliche Schweere gewisser Flüssigkeiten zu untersuchen hat, die gewöhnlichsten. Aber nur selten lassen die Umstände und die bei einer solchen Untersuchung vorkommende Eile zu, die hydrostatische Waage zu Hülfe zu nehmen. Man will z. B. Biere vergleichen, die, je besser sie sind, desto mehr eigentühmliche Schweere haben, oder gebrannte Wasser Einer Art, die um so viel besser zu achten sind, je leichter sie sich zeigen. Man würde freilich die Vergleichung sehr genau in dem §. 21 angegebnen Wege anstellen können. Aber, wenn dieß mit einer Reihe von Gefässen angestellt

werden

werden sollte, wie weitläuftig würde dieß nicht werden. Man hat also vorlängst ein Werkzeug dazu erfunden, mit welchem freilich die Probe sehr geschwind angestellt werden kann. Eine gläserne oder metallene, inwendig hole Kolbe Fig. 6 von der Grösse, daß sie in einer Feuchtigkeit gewisser Art z. B. im Bier eben untersinken würde, ist mit einem cylindrischen oder zu gleicher Dicke und Breite abgeplattetem Stiele verbunden, von welchem in jeder Art Bier, das man dadurch erproben will, noch ein Teil über Wasser bleibt. Dieser Stiel ist nach genauen gleichen Teilen oder Graden abgeteilt. Es ist klar, daß, wenn das bessere mit mehreren Teilen der Kornart, woraus es gebrauet ward, geschwängerte Bier das Werkzeug nur bis 5 Grad herabsinken läßt, das Bier schwächer sein müsse, in welchem es bis zu 10, und noch schwächer dasjenige, in welchem es bis zu 15 Graden einsinkt. Es ist auch klar, daß von einerlei Bier diejenigen Gefässe für gleich gut verkauft werden können, in welchen eben dieselbe Bierprobe, bei gleicher Temperatur des Biers, gleich tief hinabsinkt. Und daran hat man freilich in den meisten Fällen des gemeinen Lebens genug. Aber man würde sich sehr irren, wenn man das, was wir hier Grade nennen, wirklich als solche ansehen wollte, um aus den z. B. gesezten Zahlen das Verhältnis in der Dichtigkeit dieser flüssigen Körper zu schätzen, so lange man das Verhältnis dieser in den verschiedenen Versuchen sich einsenkenden Teile zum Ganzen nicht kennt. Man nehme an, daß an zwei verschiednen Werkzeugen

dieser

dieser Art die eine Kolbe doppelt grösser als die andre, die Stiele aber gleich dick und gleich eingeteilt sein. Dann würde doch ein Grad an der grössern Bierprobe nur halb so viel andeuten, als an der kleinern. Ein solches Werkzeug wird also nur alsdann vollkommen sein, wenn man das Verhältnis der Ausdehnung der Kolbe zu der des cylindrischen oder platten Stieles genau bestimmt hat. Dieß kann die Kunst noch wol mit einiger Genauigkeit leisten, wenn sie von Metall recht sorgfältig gemacht, nicht aber so, wenn sie von Glaß geblasen worden. Hier ist jedoch ein Weg, auch bei ganz nachläßig verfertigten Hydrometern (dieß ist deren Benennung in der Wissenschaft) dieß auszumachen, wenn nur der runde oder platte Stiel genau eine gleiche Dicke hat, wozu denn freilich nicht so viele Kunst gehört, und der runde Stiel sich oben platt endigt.

Wenn das Instrument so zugerichtet ist, daß die Kolbe sich mit einem nur kleinen Teile des Halses einsenkt, so merke man genau, wie weit es einsinkt, und wiege dann dasselbe in offner Luft. Darauf erforsche man, wie viel das ganze Instrument in eben der flüssigen Masse verliere, wenn es durch ein vorher erwähntes, im Wasser schon hängendes, und so mit abgewogenes Gewicht unter dem Wasser gehalten wird. Aus jener Zahl kann man den Raum berechnen, den das Instrument, bis an den bemerkten Punct versenkt, einnahm, aus dieser dessen ganzen Raum beurteilen. Der Unter-

schied giebt die Grösse des bei der Probe sich einsenkenden Stiels und dessen Verhältnis zum Ganzen an. In einer mit einem solchen Instrument von Glaß Fig. 7. gemachten Probe wog dasselbe 340 Gran, unter Wasser gehalten verlohr es 370 Gran. Mit seinem Gewichte 340 Gran sank es bis zu dem Punct A. Der Unterschied war also 30 Gran. Der sich bei der Probe einsenkende, vorher hervorragende Teil des Stiels A B enthielt also $\frac{30}{370}$ von dem körperlichen Raume des Ganzen. Nun wird es leicht, einen Maasstab anzubringen, der sich zu dem einzuteilenden Halse und dessen Verhältnis zu dem ganzen Körper des Instruments schickt. Das Stück des Halses A B, welches $\frac{30}{370}$ der ganzen Masse des Instruments ausmacht, war 25 Hamburger Linien lang. Wenn die darauf anzubringenden Grade 100 Teile des Ganzen werden sollen, so rechne ich

370 — 30 — 100

es entstehen 8, 11. Die 25 Linien am Stiele betragen also 8,11 Grade des Ganzen. Jezt müßte ich einen Maasstab ausfindig machen, durch welchen ich die Linie A B in 8, 11 Hundertteile oder 0, 0811 einteilen könnte. Da dieß zu schweer wird, so rechne ich:

8,11 Grade gehen auf 25 Linien, auf wie viel

10 Grade?

Die Rechnung giebt 30,83 Hamburger Linien. Dazu läßt sich nun noch wol ein Maasstab finden oder machen. Ich selbst besitze einen so genauen. So viel messe man dann von A herunter, und teile diese Linie in 10

Teile

Teile ein. Diese sind die verlangten Grade, die man dann auch weiter herab längst dem Stiele tragen kann. Freilich hat dies bei dem Glase Schwierigkeit, und es bleibt immer rahtsamer, auch in andrer Rücksicht, solche Werkzeuge von Metall zu machen, auf deren sorgfältige Ausarbeitung es bei diesem Verfahren nicht sehr ankömmt.

Es würde mich wundern, wenn dieses so leichte Verfahren zur zuverlässigen Graduirung eines Hydrometers noch von niemandem erdacht oder benuzt wäre. So viel weiß ich, daß ich in Büchern, die davon reden, es nicht gefunden, wol aber andere weitläuftige und in der Ausführung äusserst schwere Vorschläge gelesen habe.

Das aber muß man auch bei diesen Versuchen nicht vergessen, daß sie nicht anders zuverlässig sind, als wenn man durch ein Thermometer sich versichert hat, daß sie in gleicher Wärme geschehen, dann aber auch das Instrument in der Flüssigkeit stehen läßt, daß es gleichen Grad der Wärme annehmen könne, bevor man den durch dasselbe angegebenen Grad zählt.

§. 24.

Durch genaue Versuche, die aber hauptsächlich mit richtigen Wasserwaagen in dem §. 19. ff. beschriebenen Wege angestellt worden, hat man sich nunmehr von der eigenthümlichen Schweere aller natürlichen Körper gewiß gemacht, von welchen dieses zu wissen einigermassen der

schied giebt die Grösse des bei der Probe sich einsenkenden Stiels und dessen Verhältnis zum Ganzen an. In einer mit einem solchen Instrument von Glaß Fig. 7. gemachten Probe wog dasselbe 340 Gran, unter Wasser gehalten verlohr es 370 Gran. Mit seinem Gewichte 340 Gran sank es bis zu dem Punct A. Der Unterschied war also 30 Gran. Der sich bei der Probe einsenkende, vorher hervorragende Teil des Stiels A B enthielt also $\frac{30}{370}$ von dem körperlichen Raume des Ganzen. Nun wird es leicht, einen Maasstab anzubringen, der sich zu dem einzuteilenden Halse und dessen Verhältnis zu dem ganzen Körper des Instruments schickt. Das Stück des Halses A B, welches $\frac{30}{370}$ der ganzen Masse des Instruments ausmacht, war 25 Hamburger Linien lang. Wenn die darauf anzubringenden Grade 100 Teile des Ganzen werden sollen, so rechne ich

370 — 30 — 100

es entstehen 8, 11. Die 25 Linien am Stiele betragen also 8,11 Grade des Ganzen. Jezt müßte ich einen Maasstab ausfindig machen, durch welchen ich die Linie A B in 8, 11 Hundertteile oder 0, 0811 einteilen könnte. Da dieß zu schweer wird, so rechne ich:

8,11 Grade gehen auf 25 Linien, auf wie viel

10 Grade?

Die Rechnung giebt 30,83 Hamburger Linien. Dazu läßt sich nun noch wol ein Maasstab finden oder machen. Ich selbst besitze einen so genauen. So viel messe man dann von A herunter, und teile diese Linie in 10

Teile

Teile ein. Diese sind die verlangten Grade, die man dann auch weiter herab längst dem Stiele tragen kann. Freilich hat dies bei dem Glase Schwierigkeit, und es bleibt immer rahtsamer, auch in andrer Rücksicht, solche Werkzeuge von Metall zu machen, auf deren sorgfältige Ausarbeitung es bei diesem Verfahren nicht sehr ankömmt.

Es würde mich wundern, wenn dieses so leichte Verfahren zur zuverlässigen Graduirung eines Hydrometers noch von niemandem erdacht oder benuzt wäre. So viel weiß ich, daß ich in Büchern, die davon reden, es nicht gefunden, wol aber andere weitläuftige und in der Ausführung äusserst schwere Vorschläge gelesen habe.

Das aber muß man auch bei diesen Versuchen nicht vergessen, daß sie nicht anders zuverlässig sind, als wenn man durch ein Thermometer sich versichert hat, daß sie in gleicher Wärme geschehen, dann aber auch das Instrument in der Flüssigkeit stehen läßt, daß es gleichen Grad der Wärme annehmen könne, bevor man den durch dasselbe angegebenen Grad zählt.

§. 24.

Durch genaue Versuche, die aber hauptsächlich mit richtigen Wasserwaagen in dem §. 19. ff. beschriebenen Wege angestellt worden, hat man sich nunmehr von der eigentümlichen Schweere aller natürlichen Körper gewiß gemacht, von welchen dieses zu wissen einigermassen der

Mühe wehrt ist. Musschenbroeks lateinisch geschriebene grössere Naturlehre enthält ein Verzeichnis von 996 natürlichen Körpern aller Art, deren eigenthümliche Schweere, mit der des Regenwassers als Eins verglichen, in ganzen Zahlen und Tausendteilchen ausgedruckt ist. Da mein Buch keine Naturlehre vorträgt, so gehört auch nicht einmal ein Auszug dieser Tabelle hieher. Nur die wichtigsten Resultate dieser Versuche will ich deswegen hieher setzen, weil ich doch in der Folge Veranlassung haben mögte, auf einzelne derselben zurück zu weisen, und weil doch manchem meiner Leser, der mit diesen Entdeckungen nicht sehr bekannt ist, es angenehm sein mögte, in Einer Folge mit dem über die Art dieser Untersuchungen gegebenen Unterricht etwas von demjenigen zu erfahren, was durch dieselben ist geleistet worden.

Eigenthümliche Schweere des Regenwassers	1,000.
Ganz reines Gold	19,64.
Feinstes Silber	11,091.
Japanisches Kupfer, aber geschmiedet,	9,000.
geschmolzen	8,727.
Messing der schweersten Art	8,638.
Eisen der besten Art	7,808.
Stahl der besten Art	7,895.
Zinn	7,471.
Blei	11,479.
Queckſilber	14,000.
Ein 511mal destillirtes Queckſilber	14,11.
Reine Platina	19,083.

und

und einzelne Teile derselben	27,5.
Italiänischer Marmor	2,7.

So ungefähr verhalten sich auch die meisten zum Bau brauchbaren Steinarten.

Schweeres Eichenholz im Kern	1,208.
am Splint	1,108.
Tannenholz	0,550.
Erlenholz	0,8.
Eschenholz	0,8.
Seewasser	1,03.
Bestes Scheidewasser	1,409.
Olivenöl	0,913.
Terpentinöl	0,792.
Vitriolöl, concentrirt	1,877.
Kornbranntewein (der Vorlauf)	0,953.
Der später abfliessende	0,985.
Gemeiner Weingeist	0,987.
Rectificirter	0,866.
Alkohol	0,815.
Aetherischer Weingeist	0,732.
Gemeiner weisser Franzwein	1,02.
Burgunder Wein	0,953.
Champagner	0,962.
Pontac	0,993.
Mallagasekt	1,016.
Xeresersekt	0,998.
Moselwein	0,902.
Rheinwein	0,9995.

§. 25.

§. 25.

Jene Versuche und deren Erläuterungen zeigen, wie das Wasser auf die Körper wirke, welche es aus seiner Stelle zu vertreiben suchen, wie es einzelnen derselben nur bis zu einem gewissen Grade nachgebe, andern zwar eine Bewegung durch seine Teile hin erlaube, aber auch dann noch einen fortdauernd auf sie wirkenden Druck ihrer Bewegung entgegen setze, bis sie den Boden erreicht haben.

Allein es wirkt auch auf mancherlei Art, wiewol nach Regeln, die sich sehr genau mathematisch bestimmen lassen, auf jeden Körper, den es umgiebt oder trägt, selbst bei einer vollkommen scheinbaren Ruhe. Diese Regeln sind sehr von denjenigen unterschieden, mit welchen die festen Körper auf andre sie berührende oder umgebende Körper wirken.

Man neme einen Körper der schweersten Art, z. B. einen Cylinder von Metall, setze ihn mit seiner Grundfläche auf einen Tisch hin, der nun sein ganzes Gewicht, aber auch nichts mehr, zu tragen hat. Man gebe ihm eine Hülle von Papier rund um, leime sie zusammen, und mit einem ihr gelassenen Rande auf den Tisch fest. Jezt ziehe man den schweeren metallenen Cylinder heraus, und fülle ihn mit einem leichten kleinkörnigen Gesäme; so wird das Papier, das vorher den schweeren Körper ruhig beschloß, von dem so viel leichtern Gesäume aus einander gedrängt werden, und, wenn es dünne ist, bersten.

Ich

Ich beschreibe etwas als einen Versuch, welcher der Mühe wehrt wäre, nachgemacht zu werden, den aber niemand deswegen anzustellen Lust haben mögte, weil er den Ausgang desselben so zuverlässig vorher weiß. Er hat es so oft erfahren, daß wenn er kleinkörnigtes Gesäme in eine papierne Dutte schüttet, er dieselbe wol verwahren müsse, wenn sie nicht aus einander gedrängt werden, und das Gesäme sich verstreuen soll, wenn gleich dasselbe anfangs ganz ruhig darin zu liegen scheint.

Indessen wollen wir doch die Vorstellung eines solchen Versuchs, als wäre er so ganz künstlich und ernsthaft gemacht, eine Weile festhalten.

Es ist klar, daß die ganze Last dieses kleinen Gesämes so gut, wie die des Metalls, von dem Tisch getragen wird. Allein dadurch, das die ganze Last getragen wird, ist noch nichts da, das der Kraft entgegen wirkte, mit welcher ein jedes Körnchen dieses Gesämes über das andre wegzugleiten und wenigstens bis auf den Tisch herabzusinken sucht. Nehmt die papierne Hülle auf einmal weg, so sinken alle Körner, so weit sie kommen können. Indessen bildet sich das ganze in einen kegelförmigen Haufen, weil doch unter den Körnchen noch zulezt einiger Widerstand bleibt, wodurch sie sich hindern, daß nicht alle ganz bis auf den Tisch hinabrollen können.

Aber nehmt ein cylindrisches nur schwaches Glaß, füllt es mit Wasser, und zerschlagt dann seine Seitenwände.

wände. Sogleich wird die ganze Masse Wasser, welche bis dahin so ruhig von dem Boden des Glases getragen ward, Teil für Teil den möglich niedrigsten Ort suchen, und kein Tropfen den andern aufhalten, daß er nicht auf den Tisch, und, wenn er weiter gelangen kann, von demselben abflösse. Denn wir kennen schon das Wasser als eine Substanz, deren Teile keinen Zusammenhang haben. Die auch in ihnen sich äussernde anziehende Kraft ist zu schwach gegen die Wirkung der Schweere, mit welcher alle den niedrigsten Ort suchen.

Diese Kraft aber entsteht nicht etwa auf einmal in dem Augenblicke, da das Glas zerschlagen wird. Sie war schon vorher da, und jeder Teil des Wassers war bereit abzufliessen, da der Boden des Glases und der ihn tragende Tisch das Ganze hinderten, sich senkrecht zu bewegen. Aber es blieb eine todte Kraft, ein blosser Druck, welchem die Wände des Glases so lange Widerstand hielten, bis die Gewalt des Schlages das Glas zerbrach.

Also übet das Wasser ausser dem senkrechten Drucke, der aus dessen Gewichte zu schätzen ist, auch einen Seitendruck auf jeden Körper aus, der demselben im Wege steht, welchen Seitendruck in Körpern, die eine feste Masse ausmachen, oder der Zusammenhang von deren Teilen nie rege werden läßt.

§. 26.

§. 26.

Es ist äusserst wichtig, diesen Seitendruck des Wassers bestimmt zu schätzen. Um dazu zu gelangen, wollen wir uns den Weg durch eine andre alltägliche Erfahrung bahnen.

Man nehme eine etwas weite auf beiden Enden offene Röhre; am besten eine gläserne. Man stosse sie in ein weiteres mit Wasser angefülltes Gefäß. Das Wasser wird in dem Maasse, wie die Röhre eingesenkt wird, in dieselbe aufwärts steigen, bis zu gleicher Fläche mit dem dasselbe umgebenden Wasser. Es würde uns Wunder scheinen, wenn es dieses nicht tähte. Denn die Röhre übt ja nicht die geringste Kraft auf das Wasser aus, welches sie zwischen ihrer innern Wand beschließt, wodurch dasselbe niederwärts gedruckt werden könnte, indem sie in das Wasser gestossen wird. Ja sie übt nicht einmal eine Kraft unmittelbar aus, um es von seinem Plaz zu verrücken. Sie drückt nur die Wasserteile weg, deren Raum die hole cylindrische Glasmasse einnimmt. Können diese ihren Plaz sonst finden, so hat die Röhre mit dem Wasser, das sie beschließt, nichts zu schaffen.

Indessen druckt doch nun auch das in der Röhre beschlossene Wasser gegen das übrige in dem Gefässe befindliche Wasser, und wird von demselben gedruckt. Aber beide bleiben im Gleichgewicht aus eben denen Gründen, auf welche ich vorhin §. 5. f. geleitet habe. Ehe die Röhre

in

in das Wasser gesenkt ward, war das Wasser, das sie jezt beschließt, schon an seinem Orte und mit dem übrigen Wasser im Gleichgewicht. Die Röhre an sich kömmt weder dem äussern noch dem von ihr beschlossenen Wasser zu Hülfe, um es stärker oder auf eine andre Weise drücken zu machen. Es entsteht also gar kein Grund zur Aufhebung des vorhin schon bestandenen Gleichgewichts zwischen dem Cylinder von Wasser, welchen die Röhre beschließt, und dem übrigen Wasser in dem Gefässe.

§. 27.

Aber aus eben dem Grunde wird das Wasser hinnach in diese Röhre steigen, wenn ihm bei dem ersten Eintauchen derselben eine Kraft entgegen gewirkt hat, welche demselben den Eintritt in die Röhre nicht erlaubte. Man macht eine solche Kraft entstehen, wenn man die obere Oefnung der Röhre mit dem Daumen bedeckt, und Luft darin beschließt. Es ist hier noch nicht der Ort, diese so alltägliche Erfahrung zu erklären. Genug die beschlossene Luft läßt das Wasser nur wenig eintreten, so lange die Röhre nicht beträchtlich eingesenkt ist. Nun ziehe man den Daumen ab. Sogleich wird das Wasser von unten auf in die Röhre eintreten. Die Ursache ist klar. Wenn, ohne eine solche Kraft mit ins Spiel zu bringen, das Wasser die Röhre natürlich füllt, so ist dasselbe im Gleichgewicht mit dem übrigen Wasser. Jezt da kein Wasser darin ist, findet der Druck des übrigen Wassers nichts, das ihm das Gleichgewicht hält, und dringt also so lange

in

in den ihm leergewordenen Platz, bis dasjenige wieder da ist, was ihm das Gleichgewicht halten kann. Und dieses ist Wasser, das die Röhre bis zu gleicher Höhe mit dem äussern Wasser füllt.

§. 28.

Um das, was bei einzelnen Röhren so klar erscheint, an mehreren Röhren von ungleicher Weite und auch von solchen Röhren gleich deutlich einsehen zu können, die nicht perpendicular, sondern ungleich gegen den Horizont geneigt ja sogar krumm sind, nehme man ein länglichtes etwas grosses Stück Kork oder Holz, bohre vorher in allerlei Richtung dadurch, und befestige nun verschiedene Glasröhren von ungleicher Weite, eine oder die andre gekrümmt, in dieselbe. Jezt tauche man die ganze Zurüstung in einen Behälter mit Wasser. Dieß wird nunmehr in allen Röhren und zu gleicher Höhe steigen. Denn für alle gilt dasselbe Räsonnement, welches uns §. 27 einsehen ließ, warum das Wasser in die einzelne perpendicular eingesenkte Röhre stieg. Die Wassermasse, welche sich nunmehr in den engen oder weiten, in den perpendicularen oder gekrümmten Röhren befindet, war schon vorher in eben der Stelle vorhanden, war mit dem übrigen Wasser im Gleichgewicht. Jetzt aber, da mit der Einsenkung der erwähnten Zurüstung es auf eine Weile aus seiner Stelle vertrieben wird, aber nichts in diese Stelle eintritt, das ihm entgegen wirkt, so treibt es in jede Röhre eben so viel Wasser hinein, als

ihm vorhin das Gleichgewicht halten konnte. Die offenen Glasröhren setzen dieser seiner Kraft kein Hindernis entgegen, sondern kommen derselben vielmehr durch die Anziehung zu Hülfe, durch welche es in allen am Rande, in den engern Röhren aber durchaus etwas über die Oberfläche hinaufgezogen wird. Eine Kraft, die wir nicht Anlaß haben, hier näher zu beurteilen, und die Gründe, nach welchen sie wirkt, eigentlich zu bestimmen!

§. 29.

Man denke sich in der Wassermasse, Fig. 8, deren Oberfläche sich in A B endigt, den Raum C D E F G H I C, aus drei Cylindern bestehend, die mit einander verbunden sind, und das Wasser darin in dem ruhigen Zustande des Gleichgewichts. Jezt denke man sich eine Kraft, welche diesem Raum eine solide Einfassung verschaft; oder um der Einbildungskraft zu Hülfe zu kommen, denke man sich, daß alles diesen Raum umgebende Wasser gefriere, aber das Wasser in diesem Raume nicht. Dieß würde auf den Stand dieses Wassers und den Druck Eines Teils gegen den andern nicht den geringsten Einfluß haben. Die kleinere Masse in dem engern Teil würde nach wie vor mit dem übrigen Wasser im Gleichgewicht bleiben. So bald jedoch durch irgend eine Kraft das Wasser aus dem kleinern oder grössern Teile dieser von Eise umschlossenen Röhre weggeschaft würde, folglich das fehlte, was vorher da war und das

Gleich:

Gleichgewicht hielt, dann würde nach eben denen Gründen, aus welchen wir bisher geschlossen haben, das Wasser von der einen oder andern Seite her dasjenige Wasser herdrucken, welches zur Ersetzung des Gleichgewichts erfordert wird, das ist, bis es in der einen Röhre so hoch als in der andern steht. Freilich würde die horizontale Fläche nicht mehr in A B bleiben. Aber diese Linie ist es nicht, auf welche es in unserm Räsonnement ankömmt. Hätten wir sie gleich anfangs höher oder niedriger gedacht, oder ward sie jezt durch das Wegsinken aus einer Röhre in die andre niedriger, z. E. bis L M, so bestehen eben die Gründe, warum das Gleichgewicht nur in gleicher Horizontal-Höhe Statt haben kann.

Also steht in Röhren und Gefässen, die mit einander in Verbindung sind, das Wasser nur bei gleicher Horizontal-Höhe im Gleichgewicht, ohne Rücksicht auf deren Weite, Figur und Lage.

§. 30.

So sehr vorstehendes Raisonnement dieß einleuchtend machen kann, so kann doch dem Nachdenkenden ein Zweifel entstehen, wie in zwei Röhren von sehr ungleicher Weite das wenige Wasser dem so viel mehreren das Gleichgewicht halten könne. Er mögte wenigstens, da die Erfahrung standhaft beweiset, daß dieß nicht anders Statt habe, auf den Gedanken gerahten, als ob die Natur bei dem Wasser ein andres Gesez des Gleich-

gewichts

gewichts behaupte, als dasjenige, welches wir in der Mechanik als bei festen Körpern statthabend erkannt, und worauf wir uns so oft berufen haben. Aber wir finden auch dieses hier völlig wieder.

Man nehme an, von den beiden mit einander zusammenhängenden Röhren sei die grössere viermal weiter als die engere; dann wird ihre Durchschnittsfläche 16mal grösser sein. Wenn bis dahin das Wasser in beiden Röhren sich im Gleichgewicht erhalten hat, so denke man sich oder bringe wirklich eine Kraft an, z. B. die eines die Röhre genau ausfüllenden und durch einen Steft oder Stange herunter getriebenen Körpers, welcher das Wasser der weitern Röhre um Einen Zoll herunter druckt. Dann wird unten aus der weitern Röhre in die engere eine Masse Wasser übergehen müssen, welche einen Zoll lang ist und unten 16mal so viel Raum einnimmt, als welchen die enge Röhre ihr geben kann. Aber sie soll und muß hinein; kann es aber auch, wenn sie in der engern Röhre sich das in der Höhe nimmt, was sie in der Grundfläche weniger hat, das ist nach Geometrischen Gründen: sie muß 16 Zoll hoch in derselben steigen. Wenn gleich also jenes Wasser 16mal mehr an Masse und Gewicht beträgt, so muß dagegen dieses in der engern Röhre, bei jeder kleinen Bewegung eine 16mal grössere Bewegung annehmen, so bald jenes, es sei wodurch es wolle, ins Uebergewicht gesezt wird. Also verhalten sich auch hier die Geschwindigkeiten umgekehrt,

kehrt, wie die Massen oder Gewichte, und daher entsteht hier das Gleichgewicht nach der Regel, nach welcher es bei festen durch ihre Schweere einander entgegen wirkenden Körpern besteht.

§. 31.

Wenn demnach ein grosser Wasserbehälter durch einen engen Zufluß gefüllt wird, so ist es freilich klar, daß das Wasser aus lezterem in ersteren immerhin abfliessen werde, so lange als es in diesem Freiheit hat sich zu erheben. Dieß kömmt uns in der Natur sowol als in Werken der Kunst so oft vor, daß wir nichts wundersames darin finden, gerade als wenn wir die eben §. 29. f. angegebene Theorie vorlängst eingesehen hätten, und der durch dieselbe aufgelösete Zweifel uns nimmer eingefallen wäre.

Aber auch der Fall entsteht oft, da ein grosser Behälter durch einen engen Zufluß sich füllet, das Wasser aber nicht Freiheit hat, seine Oberfläche in dem Maasse zu erhöhen, wie es der Druck des von oben her zufliessenden Wassers zu bewirken sucht. Wer die Sache so ansieht, wie sie ins Auge fällt, wird geneigt sein anzunehmen, der Druck des wenigen durch den engen Zufluß herabsinkenden Wassers werde auch dann nur wenig vermögen, und es werde weniger Vorkehrungen bedürfen, um der Wirkung desselben zu begegnen, wenn sie

z. B.

z. B. in Bauunternehmungen schädlich werden könnte. Aber die Erfahrung beweiset ganz ein anders.

Diese Erfahrung bereitet die Kunst auf folgende Weise vor, die ich nach dem Werkzeuge, das ich dazu anwende, Fig. 9., beschreiben will. Zwei Scheiben von Holz, etwas über 15 Zoll im Durchmesser und also $1\frac{1}{4}$ Quadratfuß in der Fläche haltend, sind durch einen Streifen von gehörig zubereitetem und durch eine Menge kleiner Nägel auf deren Peripherie befestigtem Leder so verbunden, daß sie einen wasserdichten Balg etwa 8 Zoll hoch, ausmachen. Die öbere Scheibe hat eine Oefnung A, welche mit einer metallenen Hülse und darauf sich einschraubenden Deckel geschlossen, aber auch eine 5 Fuß lange und nur einen halben Zoll weite kupferne Röhre darauf angeschroben werden kann. Eine kurze metallene Röhre B geht über der untern Scheibe seitwärts aus, kann aber, so wie A, geschlossen, oder eben jene Röhre auf ihr angeschroben werden.

Der Versuch, auf welchen diese Zurüstung abzweckt, ist folgender: Nachdem die Röhre auf der einen oder der andern Oefnung eingeschroben ist, füllt man nach Anbringung eines Trichters oder des dazu bestimmten cylindrischen kleinen Gefässes die Röhre mit Wasser, das freilich natürlich in den Balg abfließt, so lange er sich noch oben erweitern kann, oder keine Last ihn von oben her zusammenpresst. Nun aber beschweert man ihn

mit

mit Gewichten. Bei meinem Werkzeuge werden 300 Pfund erfodert um den Balg niederzuhalten, daß er nicht sich weiter hebe, wenn die enge Röhre noch ferner mit Wasser gefüllt wird.

Jezt wird eine vorläufige Berechnung des Gewichts von dem in der Röhre enthaltenen Wasser nötig.

Ein holer Cylinder, einen halben Zoll weit und 5 Schuh oder 60 Zoll hoch, hat an körperlichem Inhalt nur $11\frac{1}{2}$ Cubiczoll. Das Gewicht von diesem ist nicht mehr als $10\frac{1}{3}$ Loht. Und diese $10\frac{1}{3}$ Loht erfodern 300 Pfunde, um ihrem Druck das Gleichgewicht zu halten. Nichts kann demjenigen, der nicht schon durch die Theorie der Sache darauf vorbereitet ist, neuerwarteter sein, als dieses. Man nennt daher auch den Satz, den wir sogleich aus dieser Erfahrung herleiten wollen, das **hydrostatische Paradox**. Es würde noch paradoxer ausfallen, wenn ich die Berechnung für eine nur einen Viertel-Zoll weite Röhre und einen 30 Zoll weiten Balg machen wollte. Denn da würde es eben so wahr sein, daß ein Viertel jenes Wassers, nemlich $2\frac{7}{12}$ Loht, zum Gleichgewicht viermal mehr, das ist 1200 Pfund erfodern. Vollends wundersam ist es, daß, wenn man, anstatt Wasser in die enge Röhre zu giessen, in dieselbe bläset, man den schweersten auf dem Balge stehenden Menschen in die Höhe blasen kann; ja dieser kann es selbst tuhn. Es geht auch viel schneller damit, als wenn man Wasser einfüllt. Doch

muß man die Röhre seitwärts anbringen, nicht sie in die Hülse auf dem Deckel einschrauben, damit die geblasene Luft, so wie sie durch das Wasser in den Balg tritt, sich über dem Wasser fangen könne. Die Sache ist jedoch leicht zu erklären. Die in die Röhre geblasene Luft ist auch ein flüssiger Körper, und wirkt unter ähnlichen Umständen so, wie das Wasser. Dazu kömmt, daß sie bei dem Einblasen nicht bloß durch Druck, wie das eingefüllte Wasser, sondern als eine lebende Kraft mit einem Stosse wirkt. Diesen teilt sie dem in der Röhre schon befindlichen Wasser, das bis dahin blos drückte, mit, und gibt ihm dadurch das Uebergewicht über das Wasser in dem Balge.

§. 32.

Es wäre genug zu sagen: eben die Theorie, welche in der Mechanik der festen Körper zeigt, wie $2\frac{7}{12}$ Loht mit 1200 Pfunden ins Gleichgewicht gesezt werden können, wenn sie nemlich an Geschwindigkeit im Verhältnis so viel mehr haben, als sie im Gewicht weniger haben, beweiset, daß dieß auch zwischen flüssigen Körpern Statt haben müsse. Allein ich will doch versuchen, die Sache in Verbindung mit den bisher von mir angewandten Vorstellungsarten einleuchtend zu machen.

Man sezze (Fig. 10.) statt des Balges einen Wasserbehälter von gleicher Weite oder Grundfläche, nemlich $1\frac{1}{4}$ Quadratfuß, der aber eben so hoch ist, als die

einen

einen halben Zoll im Durchmesser haltende Röhre. Wir haben eingesehen, daß alles durch leztere zufliessende Wasser in jenen Behälter sich herabsenken werde. Dieß wird allmälich geschehen, und niemand wundert sich darüber. In beiden Röhren werden Schichten gleicher Höhe als einander das Gleichgewicht haltend anzusehen sein, so wie das Ganze dem Ganzen das Gleichgewicht hält. Nun denke man sich die Masse Wasser, welche über B C 5 Fuß unter der Mündung A der Röhre stand, die noch immer voll bleibt, auf einmal weggenommen oder vernichtet, und ein leichtes Brett in der Fläche B C angebracht, welches dem Wasser des Behälters das Höhersteigen wehren soll. Natürlich ist das Gleichgewicht gehoben. Aber kein aufgehobenes Gleichgewicht wird wieder hergestellt, wenn nicht eine Kraft in die Stelle tritt, die derjenigen gleich ist, welche vorhin zum Gleichgewicht erfodert ward. Diese Kraft war bis dahin das Gewicht der über B C befindlichen Wasser-Masse. Sie war $5 \times 1\frac{1}{4}$ Cubicfuß groß. $6\frac{1}{4}$mal 48 Pfunde giebt 300 Pfunde. Dem durch die Röhre herabdrückenden Wasser ist es einerlei, ob ihm 300 Pfunde Wasser oder Eisen oder Blei oder zwei auf den Balg tretende Menschen jeder 150 Pfund schweer, entgegen drücken. Aber über ein jedes geringeres Gewicht behauptet es eben so gut das Uebergewicht, wie es dasselbe behaupten würde, wenn an der Masse Wasser noch eine kleine Schichte unterhalb D E, etwan zwei Linien hoch und ein Pfund schweer, fehlte.

Es ist klar, das dies Raisonnement sich nicht auf die an einem Instrument statthabenden Zahlen und deren Verhältnis gründet. Es würde eben so ausfallen, wenn die Röhre sowol, als der Behälter, enger oder weiter im Verhältnisse wäre.

§. 33.

Aber es kömmt auch insbesondere auf die Perpendicularhöhe an. Wäre die enge Röhre schräg, (Fig. 11.) reichte aber bis zu eben der Höhe, so würde sie zwar in dieser schrägen Lage länger sein müssen, und folglich mehr Wasser fassen, aber es würde doch dieses Wasser ebenfalls zum Ruhestand kommen, wenn statt des Balges ein Behälter da wäre, und in diesem das Wasser eben die Perpendicularhöhe von 5 Fuß erreichte. Folglich fehlt nichts mehr und nichts weniger zum Gleichgewicht, als das Wasser, welches über dem Deckel dieses Balges 5 Fuß hoch stehen könnte, aber nicht da ist. Wir haben dies schon §. 28. eingesehen, daß in Röhren, ihrer mögen noch so viele sein, sie mögen haben, welche Weite, Lage oder Figur sie wollen, das Wasser nur dann ins Gleichgewicht gestellt werde, wenn es in allen einerlei Höhe erreicht hat.

§. 34.

Aber nun dürfen wir nicht länger an Röhren denken, sondern uns verschiedene Massen Wasser vorstellen, deren die höher stehende ganz frei ist und eine unbestimmt grosse Oberfläche hat; die niedriger stehende sei eingeschlossen,

und

und habe über sich die Oberfläche eines schweeren Körpers, unter welchem diese eingeschlossene Wassermasse sich verbreitet, aber, da sie nicht steigen kann, eine überhaupt nur kleine Masse ausmacht. Man denke sich z. B. das Grundwerk eines ans Wasser gestellten Gebäudes, (Fig. 12.) unter welches durch enge Verbindungswege Wasser aus dem vor diesem Grundwerk hochstehenden Flusse oder Meere sich zieht. Nun sei die Frage, mit welcher Kraft wirkt das so wenige und so beengte Wasser gegen dieses Grundwerk oberwärts hinauf. Es stehe z. E. das freie Gewässer, mit welchem es zusammenhängt, 16 Fuß höher, als das Grundwerk liegt. Die Sache ist auch hier aus eben denen Gründen zu beurteilen, die wir bisher benuzt haben. Das Wasser unter dem Grundwerk würde, wenn es frei steigen könnte, nicht eher das Gleichgewicht halten, als bis es eben diese Höhe von 16 Fuß erreicht hätte. Diese Masse Wasser, 16 Fuß hoch, fehlt ihm also zum Gleichgewicht. Zwar drückt ihm das Grundwerk mit einer Schweere entgegen, die mehr als die 16 Fuß hoch stehen sollende Wassermasse beträgt. Aber eben dies im Grunde beklemmte Wasser drückt nun auch mit einer gleichen Kraft gegen dasselbe an, die also aus dem Gewichte des Wassers zu schätzen ist, welches auf dessen Fläche 16 Fuß hoch stehen könnte. Angenommen, diese Fläche sei 1000 Quadratfuß groß, so betrüge diese Masse 16000 Cubicfuß, welches durch 48 multipliciret, 768000 Pfunde machte.

§. 35.

§. 35.

Man sieht hieraus, wie nohtwendig eine Rücksicht auf diesen Umstand in der Baukunst sei, wenn man nahe am Wasser, oder in dasselbe hineinbaut. Zwar versteht es sich von selbst, daß dieser Druck allein ein steinernes Grundgebäude nicht umstürzen werde, das aus einem viel schweerern Material aufgeführt ist. Man nehme an, dies Material sei $2\frac{1}{2}$mal schweerer, als das Wasser; so wird das Gemäuer, welches auf den erwähnten 1000 Quadratfussen in der Höhe von 16 Fuß steht, 1,920000 Pfunde schweer sein. Es wird also dem Andrange des Wassers überflüssig widerstehen, zumal wenn noch über demselben ein schweeres Gebäude aufgeführt würde. Aber dies ist nicht immer der Fall, z. B. bei den schweeren Seitenwänden steinerner Schleusen. Diese werden deswegen sehr stark und breit gemacht, damit sie die schweeren Seitentühren halten können, ohne im geringsten nachzugeben. Zudem haben sie den Drang der Erde seitwärts auszuhalten, welcher, wie ich bald zeigen werde, sehr beträchtlich ist. Die Regel ist, daß, wenn man nach mechanischen Gründen die Stärke berechnet hat, welche man einem solchen Gemäuer geben muß, um sich durch beide Kräfte nicht überdrucken zu lassen, man dieselbe noch um die Hälfte verstärkt, um von einem zureichenden Uebergewicht sicher zu sein. Wenn nun aber Wasser unter dem Grunde steckt, welches mit einer Kraft wirket, die wir zu $\frac{2}{5}$ des Gewichts der Mauer annehmen, so ist mehr

als diese zum Uebergewicht dienende Hälfte verloren, wenn man nemlich eine fast gleiche Höhe des Gemäuers und des Wassers annimmt. Z. B. die Rechnung gebe, daß 1,920,000 Pfund zum Gleichgewicht eben hinlänglich sein. Man mache das Gemäuer um 960,000 Pfund schweerer, aber auch um die Hälfte weiter im Grunde; so wirkt nunmehro das Wasser mit $\frac{3}{5}$ Teilen des Gewichts von 2,880,000 Pfund = 1,152000 Pf. von unten auf gegen dasselbe, d. i. mit 192,000 Pf. mehr als die dem Gemäuer noch zugesezten 960,000 Pf. Es bleibt also nicht einmal das Gleichgewicht, für welches 960,000 als nohtwendig berechnet waren. Ein merkwürdigers Beispiel, in welchem sich dieses bestättigt hat, gab die in den lezten Jahren Ludwigs XIV. gebaute Schleuse von Mardyk. Hier war es im Grundwerk versehen, daß sich Wasser unter dasselbe ziehen konnte, dessen Gewalt bei den zuweilen über 20 Fuß über dasselbe steigenden Fluten so viel vermogte, daß die Schleuse sich bald baufällig zeigte, und aus dieser Ursache hätte müssen eingerissen werden, oder mit ungeheuren Kosten wieder aufgebauet werden müssen, wenn nicht der Herzog Regent den Seewächtern zu Gefallen sie im Jahr 1717 hätte wieder einreissen lassen. Man sehe davon **Belidors** Wasserbaukunst im dritten Bande.

§. 36.

Eine andere wichtige Anwendung dieses hydrostatischen Lehrsatzes hat bei solchen Maschinen Statt, in welchen man das Wasser in einer weiten Röhre preßt, um

es in einer engern hoch steigen zu machen. So ist es fast mit allen Wasserkünsten, Feuersprüzen, und Springbrunnen, die durch Druckwerke zum Sprung gebracht werden, bewandt. Ist der sogenannte Stiefel 10, und die Steigröhre nur 2 Zoll im Durchmesser weit, so muß dennoch die Kraft, durch welche es zum Steigen gebracht wird, eben so stark sein, als wenn die Steigröhre einen gleichen Durchmesser mit dem Stiefel hätte. Denn das Wasser in dieser drückt mit einer Kraft entgegen, welche aus der Höhe und der Durchschnittsfläche nicht dieser Röhre selbst, sondern des Stiefels zu berechnen ist. Ich will jedoch davon hier nichts mehr sagen, weil der rechte Ort dazu in der Hydraulik sich finden wird. (Fig. 13.)

§. 37.

Es ist indeß leicht einzusehen, daß dies Gleichgewicht flüssiger Körper nur in Röhren, die in einander zusammengehen, Statt habe, und daß sie in diesen Röhren zu **gleicher** Höhe sich erheben, wenn sie gleicher Art sind, und folglich gleiche eigentühmliche Schweere haben. Wenn die eine Röhre z. B. Oel und die andere Wasser enthielte, so würde das Oel in seiner Röhre höher steigen, als das Wasser in der seinigen; jedoch immer ohne Rücksicht auf die Verschiedenheit in den Weiten dieser Röhren. Aber was wird dann für eine Regel in Ansehung dieser Höhen Statt haben. Es gehört nicht viel Nachdenken dazu, um einzusehen, daß von zwei flüssigen Körpern, (die sich nicht mit einander mischen,) der leichtere um so viel höher

her stehen werde, je geringer die eigentühmliche Schweere desselben ist. Dies bestätiget man sich am leichtesten durch einen Versuch mit Queckſilber und Wasser. Man giesse in eine gekrümmte, aber gleich weite, auf beiden Seiten ofne Röhre zuerst etwas Queckſilber ein, das, so lange es allein in der Röhre ist, auf beiden Seiten in gleicher Höhe sich erhalten wird. Dann giesse man von der andern Seite Wasser in eben diese Röhre, etwa 14 Zoll hoch. Dies wird das Queckſilber zwar höher treiben; aber nun messe man von der Höhe auf, in welcher das Queckſilber und Wasser sich begränzen. Wenn dann das Wasser 14 Zoll über diesem Punct steht, so wird das Queckſilber nur 1 Zoll höher stehen. Dies ließ sich nicht anders erwarten. Denn in diesen gleich weiten Röhren ist das 14 Zoll hoch stehende Wasser grade so schweer, als das 14mal schweerere Queckſilber in der Höhe eines Zolls; also wirken hier Kräfte entgegen, die auch dem Gewichte nach einander gleich sind.

Aber nun nehme man eine Röhre, deren beide Arme eine sehr ungleiche Weite haben. Man giesse in den engen Arm ein weniges Queckſilber, und dann in den weitern Wasser. Es wird sich auch in diesem Fall noch eben so wie vorhin verhalten. Denn so klein auch nun die Masse des Queckſilbers gegen die des Wassers ist, so würde sie doch, wenn das so viel schweerere Wasser in der obern Röhre die Oberhand nur um ein geringes gewönne, in ihrer engen Röhre eine Bewegung annehmen müssen, die sich

umgekehrt, wie die Durchschnittsflächen, verhielte. Es behauptet sich daher eben so gut, wie das 14mal leichtere Wasser in dieser engen Röhre tuhn würde (§. 30.) in seiner Stelle, wenn gleich vierzehnmal niedriger, als das Wasser in der weitern Röhre. Die Sache fällt nicht anders aus, wenn das Wasser in dem engern, und das Queckſilber in dem weitern, Arm der Röhre sich befindet.

Zwar hat die Anwendung hievon nicht leicht in Vorfällen Statt, die im gemeinen Leben vorkommen. Aber desto wichtiger wird sie in demjenigen, was ich in der Aerometrie von dem Druck der so leichten Luft gegen Wasser, Queckſilber, und andere wasserartige Körper zu erläutern haben werde.

§. 38.

Eine sehr wichtige Anwendung der Hydrostatik hat in der Schätzung des Seitendrucks Statt, mit welchem das Wasser auf die Fläche eines jeden ihm entgegengestellten Körpers wirkt. Ich werde aber zu der Erläuterung desselben eine Vorstellungsart anwenden müssen, welche ich in meinem bisherigen Vortrage nicht benuzt habe.

Die reine Mathematik hat von einem Puncte keine andere Vorstellung, als daß er der Anfang aller Ausdehnung, selbst aber ohne alle Grösse und unteilbar sei; von der Linie, daß sie ganz keine Breite und Dicke habe, von der Fläche, daß ihr alle Dicke fehle. Demzufolge kann keine Linie aus Puncten, keine Fläche aus Linien, kein

Kör-

Körper aus auf einander gelegten Flächen zusammengesezt gedacht werden. Nun aber verbinde man mit der Vorstellung eines Punkts die der kleinsten denkbaren Ausdehnung; man denke sich z. B. eine solche, mit welcher derselbe dem feinsten Urstoffe eines Körpers gleich wird, so verändert sich die Vorstellung von allem. Dann wird durch die Bewegung eines solchen Punctes ein Raum beschrieben werden, der nicht mehr eine mathematische Linie, nicht blos eine schmale Fläche, sondern ein äusserst dünner und langer Körper wird. Wie dann jener Punct die Benennung eines physischen Punctes bekommt, so wird einer solchen schon körperlich werdenden Linie der Name einer physischen Linie gegeben. Solcher physischen Linien eine Menge dicht an einander gelegt geben dann eine Fläche, die aber auch mit einer Dicke denkbar wird, folglich selbst körperlich ist, und deren dann unendlich viele an oder auf einander gelegt einen Körper ausmachen. Um unserer Vorstellung zu helfen, wollen wir uns das möglich feinste Papier vorstellen, und es eine physische Fläche nennen. Viele Bogen dieses Papiers auf einander gelegt machen ein Buch von sichtbarer Dicke. Nun denke man sich einen Streifen aus diesem Papier geschnitten, der nicht breiter als das Papier dick ist. Dieser Streifen mag uns für eine physische Linie gelten. Die beiden Enden dieses Streifens wären dann physische Puncte. Freilich sind sie Quadrate. Weil wir aber doch einmal den Punct mit Ausdehnung denken, so kömmt ihm auch eine Figur zu, welche so gut quadratisch als rund sein kann. Zwar denken

sich die Naturforscher unter physischen Puncten noch etwas ins unbestimmbare kleineres, als die Dicke des feinsten Papiers ist. Aber mir ist es um eine Vorstellung zu tuhn, welche der Einbildungskraft nicht mehr zu schweer wird.

§. 39.

Man denke sich ein Gefäß mit Wasser gefüllt und von einer senkrechten runden Wand oder von mehreren Wänden eingeschlossen, die mit Winkeln zusammenstossen. Man bohre in dieser Fläche ein, wo man wolle, so wird das Wasser desto schneller und häufiger herauslaufen, je tiefer das Loch unter der Oberfläche ist. Wie es sich mit dieser Geschwindigkeit und Menge des herausfliessenden Wassers verhalte, werden wir in der Hydraulik lernen. Ich führe es nur hier als einen sichtlichen Beweis an, daß das Wasser stärker unten als oben drucke.

Aber uns kömmt es auf die genauere Bestimmung dieses Drucks an. Man bringe also an eben diesen Löchern eine senkrecht aufwärts gebogene Röhre an; so wissen wir schon, daß, wo wir auch dies Loch bohren, und die Röhren anbringen, das Wasser in denselben bis zu der Höhe steigen müsse, die es in dem Gefässe selbst hat. (Fig. 14.) Dies gielt für jeden Punkt dieser Oberfläche, das Loch sei groß oder klein, hoch oder niedrig in dem Gefäß.

Jezt laßt uns die Idee der physischen Puncte, Linien und Flächen benutzen. Man stelle sich (Fig. 15.) längst

der

der physischen Linie AB in der Fläche ABCD, nicht dicker als das feinste Blatt Papier, so viel physische Puncte vor, als der Dicke dieses Papiers gleichen. Ich will einige derselben mit a b c d bezeichnen. Wenn jeder dieser physischen Puncte ein Loch wäre, durch welches das Wasser zwar hervordringen, aber nicht anders als aufwärts steigen könnte, so würde es bis zu den Höhen aA, bA, cA, dA steigen: folglich der Druck des Wassers in dem Gefässe diesen Linien der Höhen über bemerkten Puncten gemäß sein. Die Sache wird sich nicht verändern, wenn wir eben diese Linien aA, bA, cA, dA, und selbst die unterste BA horizontal legen, und zwar in Eine Fläche, die nun mit allen dazwischen denkbaren physischen Linien Eine physische Fläche und zwar den Triangel A B A ausmachen wird. Folglich beträgt der Druck des Wassers auf diese physische Linie A B so viel als die dünne Wassermasse des physischen Triangels A B A. Ist nun die Frage nach dem Druck des Wassers auf die ganze Fläche so denke man sich so viel physische Linien als diese Fläche, A B C D enthält, alle so breit, als das dünste Papier dick ist. (Denn ich habe schon §. 37. gesagt, warum ich diese Papierdicke als ein Hülfsmittel für die Imaginaten wähle, und wie ich dies verstehe.) Was von der physischen Linie AB gilt, gilt von allen in dieser Fläche enthaltenen. Auf alle drückt das Wasser in dem Gefässe mit dem Gewicht des physischen Triangels A B A. Alle diese physische Triangel vor der Fläche A B C D hinausgestellt, machen dann endlich einen Körper aus, und zwar das dreieckigte Prisma

A B E F C D welches zur Höhe, wie zur Breite, die Höhe des Wassers in dem Gefässe A B, und zur Länge E F die Länge der Fläche B C hat.

Die ganze Fläche wird also mit einer Kraft gedrückt, welche dem Gewicht des Wassers gleich ist in dem dreieckigten Prisma, welches zur Höhe und Breite die Höhe des Wassers und zur Länge die Länge der Fläche hat.

§. 40.

Dies ist also die Regel, nach welcher der Druck auf jede in Einem Strich fortgehende Fläche zu schätzen ist, welche das Wasser in einer gewissen Höhe hält. Zur leichtesten practischen Anwendung derselben geben uns steile das Wasser beschränkende Dämme das schicklichste Beispiel. Doch muß ich zugleich hinzusetzen, daß es nicht auf die senkrechte Stellung dieser Dämme oder Wände ankomme. Denn man nehme (Fig. 16.) statt der senkrechten Linie A B die schräge Linie A M und in derselben so viel physische Puncte, a, b, c, d, M an, als man will, und in denselben, wie in der 17ten Figur, Oefnungen, durch welche das Wasser weggedrückt und hinauf in β. γ. δ. μ. senkrecht zu steigen genötigt werde. Auch dann wird es eben so ausfallen. Das Wasser wird in allen den daran gefügten senkrechten Linien nicht höher steigen, und nicht niedriger sich halten, als die Wasserhöhe N A P. Es ist also der Druck auf alle diese Puncte in der schrä-

gen

gen Linie so gut, wie in der senkrechten, wie vorhin, den bis zu dieser Wasserhöhe reichenden Linien aB, cC, dD, mM gleich, folglich der ganze Druck auf die schräge so gut, als auf die senkrecht stehende Fläche, aus eben demselben Prisma zu beurteilen.

Wir wollen davon die Anwendung auf einen Damm machen, vor welchem das Gewässer 12 Fuß hoch in einer Länge von 1000 Fuß druckt. Der ganze Druck ist also dem Gewichte des Prisma Wasser gleich, welches sich aus der Höhe 12, Breite 12 und Länge 1000 berechnen läßt; folglich (nach Geomet. §. 53.) dem Gewichte von 72000 Cubicfuß, d. i. durch das Gewicht des Wassers 48 Pf. für jeden Cubicfuß multiplicirt 3456000 Pfund gleich. Das ist zwar eine grosse Kraft, aber auf einen 1000 Fuß langen Damm nicht so groß, als man nach demjenigen erwarten mögte, was wir von dem grossen Druck des Wassers durch zusammenhängende Röhren bereits eingesehen haben.

§. 41.

Indessen ist es sehr bemerkenswehrt, daß sich dies Räsonnement gar nicht verändert, es mag das Wasser von diesem Damm abwärts in einer kleinen oder grossen Entfernung sich verbreiten. Ob der Damm von dem Wasser eines kleinen oder breiten Flusses, ja ob er von dem Wasser des Oceans gedruckt werde, ist einerlei, so lange nur vom blossen Druck die Rede ist. Denn freilich wird die Sache anders, wenn das Wasser eines grossen Stroms

oder

oder des Meeres durch Wellen erregt an den Damm anschlägt. Denn hier ist mehr als Druck, und eine lebende Kraft wird wirksam. Indessen muß der Wasserbaumeister bei Anlegung eines den Ueberschwemmungen entgegen gelegten Deiches zuförderst darauf hinaussehen, daß dessen Masse hinlänglich stark sei, um blos diesem Druck zu widerstehen. Mir ist mehr als Ein Beispiel bekannt, daß solche Dämme auf der vom Winde abgekehrten Seite gebrochen sind, wo kein Wellenschlag gegen sie wirken konnte, blos weil sie in ihrer Masse oder in dem Zusammenhange des Erdreichs nicht Festigkeit genug hatten, um dem Druck des durch eine unerwartete Fluht so hoch steigenden Wassers zu widerstehen.

§. 42.

Die physischen Triangel, unter welchen wir uns die gegen eine jede einzelne physische Linie drückende Kraft des Wassers vorgestellt haben, sind alle rechtwinklicht und gleichschenklicht: denn ihre Höhe ist der Grundlinie gleich. Solche Triangel sind nach geometrischen Gründen alle einander ähnlich. Nun aber verhalten sich ähnliche Triangel wie die Quadrate ihrer gleichnahmigen Seiten, dergleichen hier die Höhen sind. Der Druck des Wassers nimmt also zu, wie die Quadrate der Höhen, in welchen es sich hält. Z. B. das Wasser stehe vor Einem Damm 10 Fuß und vor einem andern 16 Fuß hoch. Dann verhält sich der Druck des Wassers auf beide Dämme, wie die Quadrate von 10 und 16, d. i. wie 100 zu 256. Oder es werde durch die

Thü-

Tühren Einer Schleuse das Wasser 4, durch eine andere 8 Fuß hoch gehalten, so ist der Druck nicht 1 : 2 sondern 1 : 4.

§. 43.

Auch die Untersuchung ist erheblich, wie stark das Wasser auf jeden Teil einer solchen Fläche drucke. Ist von einzelnen Puncten die Rede, so liegt die Antwort schon in dem bisher gesagten: Der Druck verhält sich gerade, wie die Tiefe des Punctes unter der Wasserfläche; 4 Fuß tief unter dem Wasserstande drückt das Wasser nur halb so stark, als auf 8 Fuß Tiefe. Aber es giebt viele Vorfälle, in welchen man zu fragen Ursache hat, wie stark das Wasser auf eine unter dessen Oberfläche angebrachte Fläche von bestimmter Grösse drucke? Es werden z. B. in oder nahe an dem Fuß der Deiche Schleusen oder Siele angebracht, welche durch Falltühren geschlossen werden. Oft steigt das Wasser hoch über dieselben, und wenn es in der diesen Schleusen oder Falltühren gegebenen Stärke versehen ist, bricht das Wasser durch. Die für diesen Fall nötige Rechnung ist nicht schweer zu machen. Die 17te Figur stellt eine solche Tühre am Fusse des Dammes vor, vor welchem der senkrechte Wasserstand die Linie A B C ist, die wir 16 Fuß, die Höhe der Tühre aber 6 Fuß annehmen wollen. Nun berechne man den vollen Triangel A C D. Sein Inhalt ist $\frac{16 \times 16}{2} = 128$ Quadratfuß. Der Druck des Wassers über dem Teil des Dammes, welcher höher als die Schleuse ist, ist $\frac{10 \times 10}{2} = 50$ (Geom. §. 36.) Für den Teil der phy-

fischen Linie B C ist also das übrigbleibende, nemlich 7 8 zu rechnen. Allein die Tühre ist keine physische Linie, sondern eine Fläche, die wir 8 Fuß breit annehmen wollen. Der Druck also auf den Damm und die Schleuse zusammen genommen, ist dem Gewicht von 1024 Cubicfuß Wasser gleich; auf den Deich über der Schleuse allein $50 \times 8 = 400$. Von dem Rest des Gewässers d. i. von 624 Cubicfussen wird die Schleuse allein gedruckt, welches durch 48, als das Gewicht eines Hamburgischen Cubicfusses Wasser, multiplicirt 29952 Pf. gleich ist. Hiemit ist die Frage in naher Verbindung, wie groß die Kraft sein müsse, die ein das Wasser hemmendes Schutzbrett erfodere, um gehoben zu werden, dergleichen man vor den Mühlenrädern anbringt. Angenommen, dasselbe sei 5 Fuß breit und halte das Wasser 4 Fuß hoch, so ist der Druck des Wassers aus den Zahlen $\frac{4 \times 4 \times 5}{2}$ zu berechnen. Dies macht 40 Cubicfuß oder 1920 Pf. Mit diesem Druck wird die Schütze gegen den innern Rand des Falzes gedrückt, indem sie auf und nieder geht, wodurch eine Reibung entsteht, die man der gemeinen Regel nach, auf $\frac{1}{3}$ dieses Gewichtes rechnen kann. Dies sind also 640 Pf. Dazu kömmt nun das eigene Gewicht der Schütze. Jene von dem Druck des Wassers abhängende Reibung nimmt aber ab, wie das Quadrat der von demselben noch gehaltenen Wasserhöhe, sobald dieselbe um etwas gehoben zu werden anfängt. Ist aber die Schütze beträchtlich tief unter der Oberfläche des Wassers, so ist die Rechnung so zu machen, wie für jene Schleusentühre, und

$\frac{1}{3}$ des

⅓ des Gewichts des dagegen drückenden Wassers für die Reibung zu rechnen, wozu dann ebenfalls das Gewicht der zu hebenden Schütze kommt.

§. 44.

Zwar ist die Berechnung des Drucks einer Erdmasse gegen eine hölzerne Wand oder ein Gemäuer, wodurch dasselbe gehalten werden soll, der Hydrostatik an sich selbst fremd; doch will ich dieselbe hier einschalten, da sie mit der hier angegebenen Berechnung vom Druck des Wassers in einer unerwartet genauen Uebereinstimmung stehet. Freilich kömmt es auf die Art des Erdreichs an. Tohn und jede fette Erdart halten sich noch in grossen, ja selbst in rechten Winkeln. Ein fester Tohn kann sogar überhängen, und lange wie ein Felsen sich in dieser Lage erhalten. Allein bei jeder lockeren Erdart, die noch nicht trockner oder gar Flugsand ist, kann man der Erfahrung gemäß annehmen, daß sie sich nur in einem nicht kleinern als halb rechten Winkel in Ruhe erhalte. Wenn also eine solche Erdmasse steiler als in diesem Winkel liegt, und durch keinen Vorbau gehalten wird, so senkt sie sich herab, bis die ganze Masse wieder einen Winkel von 45 Grad mit dem Horizont macht. Will man nun eine solche Masse Erde durch einen Vorbau von Holz oder Stein in der senkrechten Lage erhalten, so hat man es gerade wie bei dem Wasser mit dem dreieckigten Prisma zu tuhn, dessen Durchschnitt der Triangel A B C (Fig. 18) ist, welcher wegen der beiden gleichen halb rechten Winkel A B C und A C B gleichschenklicht und dem halben Quadrat der

Höhe A B gleich ist, dessen Inhalt man dann durch die Länge des Vorbaues zu multipliciren hat. Angenommen, diese Höhe sei 12 Fuß und der Vorbau 100 Fuß lang, so hat derselbe 7200 Cubicfuß zu halten. Aber er hat nicht deren ganzes Gewicht zu halten. Denn diese Masse Erde ist nun anzusehen, wie ein Körper, der an der schrägen Fläche, deren Durchschnittslinie B C ist, längst dem festliegenden Erdreich herabgleiten will. Wäre diese Fläche so, wie der Körper, völlig glatt, und auf keine Reibung zu achten, so wäre die zur Haltung dieser Massen erfoderliche Kraft in dem Verhältniß der Höhe der schrägen Fläche C D = A B zu deren Länge B C zu schätzen. Nun verhält sich C D : B C = 12 : 17. Jezt nehme man das Gewicht der Erde zu 80 Pf. im Cubicfuß an, so beträgt das Ganze jener 7200 Fuß 576000 Pf. Davon müste also der Vorbau $\frac{12}{17}$ halten können, d. i. gegen 407000 Pf. Wäre nun gleich wegen des Reibens und Anhängens der Erde noch ein grosses abzurechnen, so muß man doch bei einem solchen Bau nicht mit demjenigen zufrieden sein, was zum Gleichgewicht erfodert wird, sondern ein übriges annehmen. Man könnte $\frac{1}{3}$ abrechnen, müste es aber aus diesem Grunde wieder dazu schlagen. Ist daher der Vorbau ein Gemäuer, so muß dasselbe stark gemacht werden, um auf eine Länge von 100 Fuß den Drang von 407000 Pf. auszuhalten. Ist es eine hölzerne Vorsetze, die dann auf diese Länge 20 Pfähle haben müste, so müste jeder Pfahl so befestigt werden, daß er den Drang von 20000 Pf. aushalten könnte.

Doch

Doch ist mit dem allen die Rechnung noch nicht richtig. Denn das Prisma, welches gegen den Vorbau drängt, ist ein zwischen der Fläche B C und dem Vorbau A B eingeklemmter Körper. Von der Kraft, welche aus solcher Klemmung entsteht, habe ich zwar etwas im allgemeinen §. 51. der Mechanik gesagt, aber nicht genug, um diesen Fall daraus zu erläutern, und die für denselben nöhtige Rechnung darauf zu gründen. Aber eben dieses Falles wegen will ich am Ende dieser Hydrostatik die Sache noch näher für solche Leser erläutern, welche derselben mehr nachzudenken Lust und Fähigkeit haben. Ich werde zwei andere Zusätze über solche Gegenstände dorthin bringen, durch deren besondere Erläuterung ich den Zusammenhang nicht hier unterbrechen mogte.

Indessen sind nachstehende praktische Folgen aus dem bereits gesagten klar:

1) Man muß einem solchen Vorbau, wenn er ein Gemäuer ist, lieber zu viel als zu wenig Stärke geben, um diesem Drange des dahinter liegenden Erdreichs das Gleichgewicht zu halten, welches von so manchen Architecten für unbedeutend angesehen wird. Freilich ist man schon sichrer, wenn man auf einen solchen Vorbau noch ein schweeres Gebäude aufführt. Aber eben das verführt manchen Halbwisser. Er hat einen solchen Vorbau mit einem Gebäude darüber aufgeführt, und es hat sich gut gehalten. Nun kömmt ihm ein Gemäuer zu bauen vor, das nur Erde zu halten hat. Er bauet es nicht stärker, und bald

ist

ist sein Gemäuer eben vor dieser Erde ausgewichen, auf deren Drang er so wenig achtete.

2) Ist der Vorbau von Holz, so versteht es sich von selbst, daß eine senkrecht hingestellte hölzerne Wand dem Drang der Erde nicht durch ihr Gewicht allein werde halten können. Man bringt also vor derselben starke Stender an, und verschaft diesen ihre Haltung durch sogenannte hölzerne Anker, die aber durch Eisen, das man in der dazu nöhtigen Form auch Anker nennt, mit den Stendern verbunden werden. Doch giebt es auch eine Zusammenfügung, in welcher nur Holz in Holz faßt, welche zu beschreiben nicht hier der Ort ist. Jene hölzerne Anker werden mit sogenannten Queer-Ankern, die auch Holz sind, verbunden, und diesen endlich ihre Haltung durch davor eingerammte Pfähle gegeben. Alles recht gut, und der beste, ja der einzige Weg! Aber dann müssen diese Queer-Anker in demjenigen Erdreich liegen, welchem man zutrauen kann, daß es nicht mehr nachsinken werde, nicht in demjenigen, welches noch selbst auf den hölzernen Vorbau drückt. Ich mag und darf nichts mehr davon sagen, weil ich noch nicht hier eigentlich über Bauwissenschaft schreibe. Die 18te Figur wird eine hinlängliche Vorstellung davon geben, wo A B C den Durchschnitt des auf den Vorbau drückenden Prisma vorstellt, das Erdreich aber hinter der Linie B C als ruhig angesehen werden kann.

3) Aber auch das ist klar, daß der Drang einer solchen durch einen Vorbau zu haltenden Erdmasse eben so

wol,

wol, wie der Druck der gegen einen Damm drückenden Wassermasse zunehme, wie das Quadrat der Höhe.

Denn der Durschnitt dieses Prisma giebt, so wie bei dem Wasser, rechtwinklicht gleichschenklichte und folglich ähnliche Triangel, die wie die Quadrate ihrer Höhen anwachsen. Es sei z. B. ein solcher Vorbau 11, und ein andrer 16 Fuß hoch, so ist der Andrang der Erde 121:256 folglich mehr als doppelt so groß für leztern.

§. 45.

Jezt bleibt mir noch übrig, von dem Drange des Wassers auf die Röhren zu reden, in welchen es enthalten ist, indem es zum Steigen gebracht wird oder herabsinkt. Um diesen gehörig zu beurteilen, wende ich ein Gefäß an, welches von sechs gleichen Flächen, (doch könnten sie auch ungleich sein) eingeschlossen ist. Auf jede dieser Flächen drückt das Wasser mit einer Kraft, die dem Gewicht eines Wasserprisma gleicht, dessen Höhe und Grundlinie der Höhe des Gefässes, die Länge aber der von der Seitenfläche gleich ist. Zu mehrer Deutlichkeit habe ich eben so viele Prismen von dieser Figur, als das Gefäß Seitenflächen hat. Nun wird es klar, daß der Druck des Wassers auf alle sechs Seitenflächen des Gefässes dem Gewicht dieser sechs Prismen gleich sei. Dann stelle ich diese Prismen nach einer geraden Linie an einander, daß sie Ein Prisma zusammen ausmachen, dessen Länge nunmehro der Peripherie des Gefässes gleich ist. So wird dann der Saz klar: **Der Druck des Wassers auf die ganze Seitenfläche des Gefässes ist gleich dem**

Ge-

Gewicht eines dreieckigten Wasserprisma, welches zur Höhe und Breite die Höhe des Wassers im Gefässe und zur Länge die Peripherie desselben hat.

Bei dem allen aber druckt das Wasser noch auf den Boden des Gefässes mit seinem ganzen Gewicht.

Hieraus entsteht auch bei einem kleinen Gefässe ein Druck, der viel mehr beträgt, als der Druck des darin enthaltenen Wassers. Jede Seite meines Gefässes ist 3 Zoll. Das Sechseck seiner Grundfläche beträgt daher zufolge der für ein Vieleck geltenden Berechnung (Geom. §. 37.) $23\frac{1}{4}$ Quadrat-Zolle; dieses durch die Höhe des Gefässes 4 Zoll multiplicirt 93 Cubiczoll. Nun giebt Kruse dem Hamburger Stübgen von 266 Cubiczoll 7 Pfund 14 Loht Gewicht. Dies macht für 93 Cubiczoll 2 Pf. 5 Loht.

Der Inhalt des Prisma ist $\frac{6 \times 3 \times 4 \times 4}{2}$ Z = 144 C. Z.

Diese betragen sehr genau nach ähnlicher Rechnung aus dem Gewicht eines Stübgens 4 Pfund. Der ganze Druck auf Grundfläche und Seitenfläche beträgt demnach 6 Pfund 5 Loht.

Aber auch dieser Seitendruck nimmt zu, wie die Quadrate der Höhen. Denn so wächst der Inhalt dieser Prismen an.

§. 46.

Nun nehme man statt des eckigten ein rundes Gefäß; so verändert sich die Sache nur darin, daß man nicht eine bestimmte Zahl von solchen Prismen um dasselbe herstellen kann. Man denke sich aber, welche Zahl von

phy-

physischen Linien man will, in dessen innerer Fläche: Dann ist der Druck des Wassers auf jede derselben aus dem physischen Triangel, d. i. dem unbestimmbar dünnen Prisma zu bestimmen, welches zur Höhe und Breite die Höhe des Wassers in der Röhre und zur Breite die Breite der physischen Linie hat. Alle diese Prismen lassen sich an einander gelegt und in Eins vereint gedenken, welches dann noch eben dieselbe Höhe und zur Länge den innern Umkreis der Röhre hat.

Dieser Druck steigt dann bei höhern Röhren zu einer ungeheuren Rechnung an. Man nehme eine Röhre, welche 60 Fuß hoch ist, und 8 Decimalzoll im innern Umkreis hat. Dann ist das Prisma zu berechnen auf $\frac{600 \times 600 \times 8}{2} = 1440'000''$. Diese Zahl der Cubicfusse 1440 durch 48 als die Zahl der Pfunde multiplicirt beträgt 69120 Pfund. Der Druck des auf dem Cirkel der Durchschnittsfläche stehenden Wassers ist dagegen eine Kleinigkeit. Er wird aber schon viel beträchtlicher, wenn das Wasser in diese Röhre hinein durch eine Pumpenkolbe bewirkt wird, die eine viel grössere Fläche hat, worauf ich bereits oben §. 36. hinausgewiesen habe. Doch hat diese Pumpenkolbe nichts mit jenem ungeheuren Gewichte zu tuhn, zu welchem wir den Seitendruck berechnet haben. Denn sie wirkt nicht, um diesen zu überwinden, sondern bloß um das Wasser seiner Schweere entgegen in die Höhe zu bewegen, und dieser Bewegung sezt dasselbe eine Kraft entgegen, die aus der Fläche

der

der Pumpenkolbe und der Höhe der Röhre zu berechnen ist. Z. B. die Fläche der Pumpenkolbe betrage $\frac{1}{2}$ Quadratfuß, die Höhe der Röhre, auf deren innere Weite es nun nicht ankömmt, sei 60 Fuß; so hat die Pumpenkolbe einen Widerstand des Gewichts von 30 Cubicfuß, das ist von 1440 Pfunden zu heben. Ist die Frage von Bestimmung des Seitendrucks für einen gewissen Teil der Röhre, so ist die Berechnung eben so zu machen, wie ich oben §. 44. ihn für flache Wände angegeben habe.

Zusätze.

Zu §. 11.

Hier hat noch die Erklärung von dem Schwimmen der Wasservögel ihre Stelle. Man ergreife eine Ente oder eine Gans, indem sie aus dem Wasser kömmt: man wird deren Federn nicht naß, höchstens einzelne Tropfen zwischen einigen grossen Federn hängend fühlen. Man greife durch die Federn bis auf die Haut der Ente. Auch da wird sich kein durchgedrungenes Wasser finden. Aber nun ergreife man ein Huhn, oder sonst jeden Vogel, der nicht ein Wasservogel ist, tauche ihn ins Wasser, so weit man will. Man wird seine Federn gleich durchaus benezt, und das Wasser bis an dessen Haut durchgedrungen fühlen. Die Ursache liegt darin: Die Federn der Wasservögel haben eine Fettigkeit, welche das Wasser von ihnen abhält, und die das Tier von Zeit zu Zeit erneuert, indem sie die Federn durch den Schnabel ziehen. Den Vorraht dieser Fettigkeit giebt eine Drüse hinten auf

dem

dem Rücken dieser Vögel. Die den Gänsen abgerupften Federn und grossen Federkiele verlieren dieselbe bald: Dem lebenden Tiere dienen daher diese Federn, wie ein Panzer, der das Wasser von dessen Körper abhält. Man muß daher die Masse, mit welcher ein solcher Vogel aufs Wasser geht, in zwei Teile teilen. Der innere ist der Körper, welcher dem Wasser, so wie bei andern Tieren, an Schweere beinahe gleich kömmt; der andere ist der unter den Federn beschlossene Raum, dessen Schweere gegen das Wasser sehr geringe ist. Der ganze aus diesen Teilen bestehende Raum füllt daher eine viel leichtere Masse aus, als die des Wassers ist, und das Tier treibt also mit dem grössern Teile seines Körpers über demselben. Man nehme an, eine Gans wiege mit ihren Federn 12 Pfund und ohne ihre Federn 11½ Pfund. Ohne Federn würde sie bis nahe an den Rücken einsinken, bis sie 11½ Pfund aus ihrer Stelle triebe. Aber mit den Federn sinkt sie etwa bis an die Linie A C, da schon die 12 Pfund Wasser aus ihrer Stelle getrieben sind, und sie nicht weiter sinken kann.

Das Schwimmen und Sinken der kleinen Glasfiguren in Teufelsgestalt, die man von ihrem Angeber Cartesianische Teufel nennet, hängt von ganz andern Gründen ab. Man bringt vorher so viel Wasser in deren hohlen Leib, aus welchem man die Luft durch Wärme heraustreibt, daß die Figur mit dieser Wassermasse wenig leichter als das Wasser ist. Drückt man nun mit dem Finger auf die Blase, womit das Gefäß oben zugebunden wird, auf

das in demselben befindliche Wasser, so nöhtigt man dasselbe, sich in dem in der Figur noch leeren Raum Plaz zu verschaffen, die nun schweerer wird und sinkt, aber auch wieder steigt, sobald der Druck nachläßt, da die in der Figur beschlossene Luft sich wieder ausdehnt und das Wasser durch die kleine Oefnung in deren Schwanze wieder heraustreibt. Drückt man schnell oder läßt man schnell mit dem Druck wieder nach, so entsteht eine Zurückwirkung auf die innere Fläche der Figur, wodurch dieselbe in die Runde gedreht wird. Ob in der Natur ähnliche Bewegungen lebender Tiere Statt haben, weiß ich nicht bestimmt. Vielleicht ist das Mittel, dessen sich der Wallfisch bedient, um so schnell sich unter das Meer zu senken, wenn er verfolgt oder angeschossen wird, dieses, daß er viel Wasser auf einmal verschluckt, oder zwischen seinen Kiefern faßt, welches er, wenn er an die Oberfläche des Meers kömmt, und sich über derselben erhalten will, durch seine Nasenlöcher wieder von sich sprützt.

Zu §. 22.

Ich halte es der Aufmerksamkeit meiner Leser wehrt, ihnen das Resultat eines mit möglichster Sorgfalt angestellten Versuches einer Probe von Goldmünzen in dem Wege des Archimedes vorzulegen. Ich bediente mich dazu einer äusserst zarten hydrostatischen Waage, welche ich besitze, die ursprünglich zu einer Probierwaage bestimmt war. Zum Gewicht wandte ich Richtpfennigsteile an, deren bekanntlich 65536 auf die kölnische Mark gehen.

Mein Freund, der Herr Münzmeister Knorre hieselbst, überließ mir dazu eine Masse des feinsten Goldes von 24 Karat, genau zu dem Gewichte eines vollwichtigen Friedrichsd'or bestimmt. Ich feilte ein Stück reines Kupfer genau zu gleichem Gewichte zu. Nun nahm ich zu diesem Versuche 1) einen neuen Friedrichsd'or von 1790, dessen zuverlässigen Gehalt zu 21 Karat 8 Grän man kennt; 2) einen geringhaltigen Friedrichsd'or, dergleichen Friedrich der Einzige in dem siebenjährigen Kriege unter der frühern Jahrszahl 1755 ausmünzen ließ, deren Korn man den damals gemachten Proben zufolge auf 15 Karat 4 Gran schäzte. 3) einen schlechtern unter der angeblichen Jahrszahl 1758, welchem eben dieser König Bild und Ueberschrift des armen sächsischen Augusts aufprägen ließ, deren einige, aber vielleicht nicht alle, 7 Karat 6 Grän im Korn hielten. Das gleiche Gewicht von allen betrug 1868 Richtpfennigsteile. Nun wog ich

1) Das reine Gold unter Wasser ab. Es verlor 100 dieser Teile.

2) Das Kupfer. Dieses verlor 208 Teile.

3) Den neuen Friedrichsd'or, welcher 109 Teile verlor.

4) Den Friedrichsd'or von 1755. Dieser verlor 140 Teile.

5) Den verlarvten Augustd'or, welcher 176 Teile verlor.

Der Unterschied zwischen dem vom Golde und vom Kupfer verlornen Gewichte war also 108 Richtpfennigsteile, worauf folgende Rechnungen sich gründen.

1. Für den guten Friedrichsd'or.

Wenn 108 Richtpfennigsteile auf den Unterschied von Kupfer und reinem Golde bei 288 Grän gehen, wie viel sind auf 9 Richtpfennigsteile zu rechnen?

$\left\{\begin{matrix}108 : 288\\ 3 : 8\end{matrix}\right\} =$ 9; giebt 24 Grän Zusaz.

Diese abgerechnet von 288 bleiben 264, oder dividirt durch 12, geben 22 Karat fein. Wenn dies gleich von der Feine um 4 Grän ins bessere abweicht, so war es doch über die Erwartung genau getroffen, welche ich von dieser Abwägung im Wasser haben konnte.

2. Für den Friedrichsd'or von 1755.

108 : 288 = 40, der Unterschied zwischen 100, die das reine Gold und 140, die dieser Friedrichsd'or verlor.

Die Rechnung giebt $106\frac{2}{3}$ Grän Zusaz.

Abgezogen von 288

$181\frac{1}{3}$

dividirt durch 12 — sind 15 Karat $1\frac{1}{3}$ Grän, welches von der oben supponirten Feine dieser Münze nur um $2\frac{2}{3}$ Grän abweicht.

3. Für den Augustd'or war der Unterschied 76 Richtpfennigsteile.

108 : 288 — 76 — gibt $202\frac{2}{3}$ Grän Zusaz.

Abgezogen von 288

$85\frac{1}{3}$

dividirt durch 12 — gibt 7 Karat $1\frac{1}{3}$ Gr.

Der

Der Unterschied von der oben angenommenen Feine ist also $4\frac{2}{3}$ Grän.

Man sieht hieraus, wie genau diese Probe mit der Sache selbst zutrift, zumal wenn man dabei sich erinnert, was ich oben schon angemerkt habe, daß die Metalle in der Mischung zusammenkriechen, und einen kleinern Raum, als vor der Mischung einehmen. Zwar gibt die Rechnung für die gute Münze 4 Grän mehr ins bessere und für die schlechtern ungefähr eben so viel ins mindere. Aber wenn wir auch annehmen, daß diese, wenn man es gerade heraussagen soll, auf Betrug gemünzten Stücke dennoch sorgfältig zu einerlei Feine ausgemünzt sein, so mag doch vielleicht hier noch folgender Umstand mit in Betracht kommen, welchen ich den Chemikern zu näherer Prüfung überlasse. Vielleicht wird, wenn viel Gold, dessen Urstoffe wahrscheinlich feiner als die der gröbern Metalle sind, mit wenigem Kupfer zusammengeschmolzen werden, dies wenige besser von dem Golde in seine Zwischenräume aufgenommen. Die ganze Masse vermengt sich mehr und verliert im Verhältnis weniger am Gewichte. Ist hingegen des Kupfers mehr in der Masse, so nimmt vielleicht dieses nicht so gut das Gold zwischen seine gröbern Teile auf. Die Masse bleibt verhältnißmässig grösser, verliert mehr im Wasser, und es deutet auf mindere Feinheit derselben, als die Masse wirklich hat.

Es ist leicht einzusehen, daß diese Probe viel genauer ausfallen müsse, wenn man sie an grössern Massen anstellt, und folglich grössere Zahlen zum Berechnen hat.

Bei solchen Versuchen mit kleinen Massen macht ein Richtpfennigteil sehr viel, und das unvermeidliche Anhängen des Wassers an dem Pferdehaare, mit welchen (beiläufig anzumerken) nicht mit Seide oder feinem Zwirn die Körper ins Wasser gehangen werden müssen, ist schon genug, um einen Irrtuhm von einem oder zwei solchem Teilen zu veranlassen. Hat man nicht gleich schweere Massen, wie ich sie bei diesem Versuche anwandte, so wird die Sache nur dadurch etwas weitläutiger, daß es einer Rechnung mehr bedarf, wie viel das zu probirende gemischte Metall bei seinem grössern oder kleineren Gewichte verlieren müsse, wenn es rein Gold oder rein Kupfer wäre; z. B. ich hätte eine Masse von $\frac{1}{2}$ Mark oder 32768 Richtpfennigsteilen abzuwägen, so würde ich rechnen 1868 verlieren 100 — was verlieren 32768 ? Die Rechnung giebt 1754; und für das Kupfer: 1868 : 208 = 32768 giebt 3648. Ich gebe diesen Weg an, weil ich jezt selbst keinen bessern zu gehen im Stande bin. Aber besser ist es, wenn man an einer grössern Masse reinen Goldes und Kupfers die erste Probe macht. Die so viel grössern Massen geben ein viel genauer sich bestimmendes Resultat, in welchem ein Fehler von einzelnen Richtpfenningsteilen nicht so viel, als bei kleinern, macht, und dann die so viel grössern Zahlen eine so viel schärfere Rechnung für die kleinern Massen geben, was sie im Wasser verlieren müssen.

Zu §. 44.

Man findet sehr richtige Erläuterungen und Berechnungen über den Druck des Erdreichs gegen gemauerte Vorbaue,

baue, wie sie in Festungen vorfallen, und der diesen des Gleichgewichts halber zu gebenden Stärke und Schweere in Belidors Science des Ingenieurs L. 1. Ch. 4. Seine Regeln gründen sich auf dasjenige, was ich §. 34. der Mechanik von der Kraft angegeben habe, die einen Körper auf einer schiefliegenden Fläche mit horizontalem Zuge oder Drucke erhält. Diese muß sich zu der Last verhalten, wie die Höhe der schrägen Fläche zu deren Grundlinie. Ist es nun ein Gemäuer, welches dieser Last Gegenstand halten soll, so ist der Drang des Erdreichs auf dieselbe der Kraft gleich, welche in diesem Fall erfodert wird. So lange der Winkel halb recht bleibt, ist die Höhe der Grundlinie gleich, und die Mauer hat also das ganze Gewicht der Erde zu halten; gerade, wie wir es bei dem Druck des Wassers gegen eine Fläche eingesehen haben. Wenn nun von dem blossen Gleichgewicht die Rede ist, so muß, wie Belidor anweiset, die Dicke der Mauer gesucht werden, welche sie unter einer gegebnen Figur oder Schräge ihrer Aussenseite haben muß, um nicht über die Ecke ihres Grundes übergestürzt zu werden. Eben dabei muß beachtet werden, wo der Schweerpunct des Erdreichs zu suchen sei, in welchem dessen Druck als vereint angesehen werden kann. Dieser Schweerpunct liegt nach geometrischen Gründen in jedem geradelinigten Triangel A B C (Fig. 18.) in dem Puncte D um $\frac{1}{3}$ der Höhe über dessen Grundlinie, oder hier auf $\frac{2}{3}$ von dessen Spitze herauf. Das Gemäuer ist also anzusehen, als würde es nach der Richtung D E auf $\frac{2}{3}$ seiner Höhe von Grund aufgedruckt, wel-

Bayerische Staatsbibliothek München

Bei solchen Versuchen mit kleinen Massen macht ein Richtpfennigteil sehr viel, und das unvermeidliche Anhängen des Wassers an dem Pferdehaare, mit welchen (beiläufig anzumerken) nicht mit Seide oder feinem Zwirn die Körper ins Wasser gehangen werden müssen, ist schon genug, um einen Irrtuhm von einem oder zwei solchem Teilen zu veranlassen. Hat man nicht gleich schweere Massen, wie ich sie bei diesem Versuche anwandte, so wird die Sache nur dadurch etwas weitläutiger, daß es einer Rechnung mehr bedarf, wie viel das zu probirende gemischte Metall bei seinem grössern oder kleineren Gewichte verlieren müsse, wenn es rein Gold oder rein Kupfer wäre; z. B. ich hätte eine Masse von $\frac{1}{2}$ Mark oder 32768 Richtpfennigsteilen abzuwägen, so würde ich rechnen 1868 verlieren 100 — was verlieren 32768 ? Die Rechnung giebt 1754; und für das Kupfer: 1868 : 208 = 32768 giebt 3648. Ich gebe diesen Weg an, weil ich jezt selbst keinen bessern zu gehen im Stande bin. Aber besser ist es, wenn man an einer grössern Masse reinen Goldes und Kupfers die erste Probe macht. Die so viel grössern Massen geben ein viel genauer sich bestimmendes Resultat, in welchem ein Fehler von einzelnen Richtpfenningsteilen nicht so viel, als bei kleinern, macht, und dann die so viel grössern Zahlen eine so viel schärfere Rechnung für die kleinern Massen geben, was sie im Wasser verlieren müssen.

Zu §. 44.

Man findet sehr richtige Erläuterungen und Berechnungen über den Druck des Erdreichs gegen gemauerte Vorbaue,

baue, wie sie in Festungen vorfallen, und der diesen des Gleichgewichts halber zu gebenden Stärke und Schweere in Belidors Science des Ingenieurs L. 1. Ch. 4. Seine Regeln gründen sich auf dasjenige, was ich §. 34. der Mechanik von der Kraft angegeben habe, die einen Körper auf einer schiefliegenden Fläche mit horizontalem Zuge oder Drucke erhält. Diese muß sich zu der Last verhalten, wie die Höhe der schrägen Fläche zu deren Grundlinie. Ist es nun ein Gemäuer, welches dieser Last Gegenstand halten soll, so ist der Drang des Erdreichs auf dieselbe der Kraft gleich, welche in diesem Fall erfodert wird. So lange der Winkel halb recht bleibt, ist die Höhe der Grundlinie gleich, und die Mauer hat also das ganze Gewicht der Erde zu halten; gerade, wie wir es bei dem Druck des Wassers gegen eine Fläche eingesehen haben. Wenn nun von dem blossen Gleichgewicht die Rede ist, so muß, wie Belidor anweiset, die Dicke der Mauer gesucht werden, welche sie unter einer gegebnen Figur oder Schräge ihrer Aussenseite haben muß, um nicht über die Ecke ihres Grundes übergestürzt zu werden. Eben dabei muß beachtet werden, wo der Schweerpunct des Erdreichs zu suchen sei, in welchem dessen Druck als vereint angesehen werden kann. Dieser Schweerpunct liegt nach geometrischen Gründen in jedem geradelinigten Triangel A B C (Fig. 18.) in dem Puncte D um $\frac{1}{3}$ der Höhe über dessen Grundlinie, oder hier auf $\frac{2}{3}$ von dessen Spitze herauf. Das Gemäuer ist also anzusehen, als würde es nach der Richtung D E auf $\frac{2}{3}$ seiner Höhe von Grund auf gedruckt, welches:

Bayerische Staatsbibliothek München

ches so viel mehr Widerstand erfodert. Wird der Winkel mit dem Horizont grösser, als 45°, so wird zwar die Masse kleiner, aber ihr Druck gegen das Gemäuer vermag um soviel mehr, als deren reines Gewicht, je grösser die Höhe gegen die Grundlinie wird. Angenommen, die Masse der auf das Gemäuer drückenden Erde sei in einer mässigen Länge 200000 Pf. schweer, so wird bei einem Winkel B E A von 60 Graden die Höhe A B doppelt so groß als die Grundlinie F B und daher das Gemäuer auf $\frac{2}{3}$ seiner Höhe in E mit 200000 Pf. Kraft gedrängt. Diesen Umstand hat Belidor nicht sehr in Betracht gezogen. Bei solchen Bauunternehmungen, sagt er, würde dafür gesorgt, kein zu lockeres Erdreich hinter dem Gemäuer anzubringen und es so zu stampfen, daß es in sich zusammenhänge, und also dessen Drang weit unter dasjenige vermindert werde, was er bei einem Winkel von 45° sein würde. Aber angenommen, das Erdreich liege nun so feste, daß zwar nicht mehr der Triangel A C B Fig. 18. sondern der halb so grosse Triangel A F B gegen das Gemäuer dränge, so ist doch damit nichts gewonnen. Denn dieser halb so grosse Triangel drückt in dem Verhältnis der Linie A B zu ihrer Hälfte F B, da er bei einem Winkel von 45° in dem Verhältniß der Linie A B zu der ihr gleichen Grundlinie B C drückte. War sein Gewicht in jenem Fall 200000, so hatte die Mauer den Drang von 200000 Pf. auszuhalten, und diesen hat sie auch noch bei dem halb so grossen Prisma, wenn es gleich nur 100000 Pfund schweer ist.

Als einen Nachtrag zu demjenigen, was ich §. 51. der Mechanik nur beiläufig von dem grossen Druck eingeklemmter Körper gesagt habe, muß ich hinzu setzen, daß es mit demselben sich eben so verhalte, als wenn der Körper eine keilförmige Figur hat, und auf einer Seite von einer perpendicularen Fläche, auf der andern von einer schiefen gehalten wird. **Mariotte** gibt im 2ten Teil seines Traité du mouvement des eaux und **s'Gravesande** nach ihm §. 351. ff. seiner Physik ein merkwürdiges mechanisches Parador an, welches diesen für die Baukunst sehr wichtigen Umstand völlig ins Licht sezt. An einem gleicharmigten Winkelhebel A C B Fig. 20. dessen Arme einen Winkel von 120 Graden machen, hänget auf einer Seite in B ein Pfundgewicht, und auf der andern in A ein halbes Pfund, bestehend in einer dreifachen Rolle mit daran hängendem Gewicht. So halten sie sich das Gleichgewicht, weil die durch das Perpendikel C D sich bestimmende Entfernung des Pfundgewichts vom Bewegungspunct C halb so groß als die des halbpfündigen Gewichts ist. Nun aber wird der im Winkel herabgehende Arm gegen ein Brettchen E Fig. 21. in einen darin gemachten Einschnitt gebracht, die Rolle über eben den Punct B des Hebels gelegt, an welchem vorher das Pfundgewicht hing, das Pfund aber da, wo vorhin die Rolle anhing, und in dieser Lage hält das halbe Pfund dem Pfunde das Gleichgewicht. Dies Gleichgewicht aber besteht nur, so lange das Gewicht genau auf den Punct B des Hebels drückt. Sinkt es nur um ein weniges, so daß der Winkel, den der Hebel mit dem senkrecht gestellten

Brettchen macht, kleiner wird, so erlangt es das Uebergewicht, und schießt durch. Wird es aber höher gerückt, und wird eben dieser Winkel grösser, so gewinnt das grössere Gewicht die Oberhand, und der Hebel drückt die Rolle in die Höhe. Ein Beweis, daß der Drang eines sich einklemmenden Körpers zunimmt, je spitzer der Winkel wird, unter welchem er sich einklemmt!

Man sehe, um diese paradoxe Erscheinung einigermaassen zu beurteilen, auf dasjenige zurück, was ich §. 34. ff. der Mechanik von der Wirkung einer Kraft auf eine bewegliche schräge Fläche gesagt, und durch nötige Figuren erläutert habe. Wirklich wird hier der Hebel zu einer beweglichen schrägen Fläche, und dem zufolge müßte die Kraft zu dem Widerstande, wie die Grundlinie derselben *BD* zu der Höhe CD sich verhalten. Aber das hat nur so Statt, wenn die schräge Fläche sich horizontal in der Richtung B D fortbewegen könnte. Weil sie aber sich nicht anders, als in dem Cirkelbogen B F bewegen kann, und die Kraft in B sie gerade nach dieser Richtung drückt, so wird sie vermögender in dem Verhältniß B D zu der ganzen Länge dieses Arms des Hebels C D. Warum sie sich genau in dieses Verhältnis setze, aber nur in dem Punct B und unter demselben mehr, oben weniger vermöge, läßt sich nicht erklären, ohne in der Theorie von der Zusammensetzung der Kräfte weiter zu gehen, als ich an seinem Orte zu Anfange der Mechanik es nach meinem Zwecke tuhn zu dürfen glaubte. Ich kann also nur den Wißbegierigen auf s'Gravesande a. a. O. verweisen.

Ende der Hydrostatik.

Inhalt der Hydrostatik.

§. 1. Gemeine Erfahrungen bei dem Einstossen eines Fingers in Leimen, Sand oder Wasser. Seite 1

— 2. Grund der Verschiedenheit in diesen Erfahrungen. Die Teile des Wassers haben einen äusserst schwachen Zusammenhang und Reibung. 2

— 3. Eben daher formt das Wasser sich in eine horizontale Oberfläche, und nimmt die Figur eines jeden Gefässes bis zu dieser Fläche an. 2

Anmerkung. Das Anhängen und Reiben des Wassers darf noch nicht in der Hydrostatik, muß aber desto mehr in der Hydraulik beachtet werden. 4

— 4. Das Wasser läßt sich in keinen engern Raum zusammenpressen. Wenigstens darf der kleine Grad, in welchem dies möglich ist, in der Hydrostatik nicht beachtet werden. 5

— 5. Durch den Seitendruck füllt das Wasser eine jede in demselben entstehende Höhlung augenblicklich aus. 6

— 6. Ein jeder ins Wasser getauchte Körper wird mit einer Kraft gedruckt, die dem Gewichte des Wassers gleich ist, dessen Plaz derselbe einnimmt. 8

— 7. Künstliche Erfahrung, die dieses bestätigt. Fig. 1. 10

— 8. Körpern von gleicher Schweere mit dem Wasser ist jeder Ort gleichgültig, den sie unter dessen Oberfläche einnehmen. 12

— 9. Leichtere Körper sinken so weit ein, bis sie eine ihnen am Gewichte gleiche Masse Wasser verdrängt haben. 14

— 10. Schweerere Körper sinken zu Boden. 15

— 11. Erfahrungen über dieß alles, insonderheit an schwimmenden Tieren. 16

— 12. Von dem Einsinken der Schiffe durch das Gewicht des Schiffes allein, und ihrer Ladung. Fig. 2. 19

— 13. Angabe, die Ladung eines Schiffes sehr genau zu schätzen.

Anmerkung. Ueber eine ähnliche, aber viel weitläuftigere Methode eines Engländers Sutherland. 21

§. 14. Wie sich die Rechnung nach Verschiedenheit des Wassers verändere. Seite 25

— 15. Mit gleichem Gewicht bleibt der unter Wasser versenkte Teil eines Schiffes bei jeder Figur und Lage desselben immer gleich groß. Fig. 3. 27

— 16. Von dem Widerstande eines Schiffes gegen eine Kraft, die es umzuwerfen strebt. Fig. 4. 5. 29

— 17. Wirkung des bewegten Wassers auf Körper, die schweerer als dasselbe sind, im Verhältnis von deren Oberfläche. 33

— 18. Erste Folge von §. 7. in der Schätzung des Raums körperlicher Massen in deren Abwägung unter Wasser. 35

— 19. Angabe der dazu dienlichen Versuche und der auf diese gegründeten Berechnung. 37

— 20. Zweite Folge: Bestimmung der eigenthümlichen Schweere der Körper, sowol 1) der festen, als 39

— 21. 2) der flüssigen Körper.

— 22. Wie sich die Mischung der Metalle in diesem Wege erforschen lasse. Von Archimedes Versuche, welcher der Hydrostatik den Ursprung gab, aber auch dessen Trieglichkeit. 43

— 23. Von den Hydrometern, oder den Werkzeugen zur geschwinden Erforschung der eigenthümlichen Schweere gewisser Flüssigkeiten. Angabe einer Methode, alle solche Werkzeuge leicht zu berichtigen. Fig. 5. 6. 7. 47

— 24. Etwas aus den Resultaten der Erforschungen der eigenthümlichen Schweere der Körper. 51

— 25. Einleitung zur Erklärung des Seitendranges der flüssigen Körper. 54

— 26. Gemeine Erfahrung bei einer ins Wasser gestossenen unten und oben offenen Röhre. 57

— 27. Andere Erfahrung, wenn die Röhre beim Eintauchen oben mit dem Finger geschlossen, dann aber durch dessen Wegziehung

hung die Luft frey gelassen wird, und das Wasser von unten in dieselbe tritt. Seite 58

§. 28. Erfahrung an verschiedentlich gebogenen Röhren. 59

— 29. Einleitung zur Beurtheilung des Druks vom Wasser in Röhren, die mit einander zusammenhängen. Fig. 8. 60

— 30. Ein Zweifel, welcher gegen das Resultat hievon entstehen könnte, wird gehoben. Fig. 9. 61

— 31. Das Wasser drükt im Verhältnis seiner Schweere und der Fläche, auf welche es wirkt. Beschreibung der künstlichen Erfahrung, welche dieses darthut. Fig 10. 63

— 32. Nähere Erläuterung dieses sogenanten Paradoxi hydrostatici. Fig. 11. 66

— 33. Bei dem allen kömmt es ganz auf die senkrechte Höhe an, von welcher herab das Wasser drückt. 68

— 34. Die Sache verändert sich nicht, wenn statt der Röhre ein freies weites Gewässer angenommen wird, von welchem her der Druck auf eine von oben beschränkte Wasserfläche wirkt. Fig. 12. 68

— 35. Anwendung davon auf Bauvorfälle am Wasser, insonderheit im Schleusenbau. Beispiel an der Schleuse von Mardyk. 70

— 36. Von der Kraft, die ein Werkzeug haben muß, welches das Wasser aus einer weiten Röhre in einer engere steigen macht. Fig. 13. 71

— 37. Flüssigkeiten von ungleicher eigenthümlichen Schweere erhalten sich in communicirenden Röhren in solchen Höhen, die sich umgekehrt, wie diese Schweere verhalten. 72

— 38. Einleitung zur Schätzung von dem Drucke des Wassers auf den Boden und die Wand eines Gefässes durch die Vorstellungsart physischer Puncte, Linien und Flächen. 74

— 39. Das Wasser drückt auf Flächen, die ihm in den Weg gestellt sind, mit einer Kraft, die dem Gewicht des Wassers gleich ist, in dem dreieckigten Prisma, welches zur Höhe und

und Breite die Höhe des Wassers und zur Länge die Länge der Fläche hat. Fig. 14. 15. Seite 76

§. 40. Praktische Anwendung davon auf Dämme. Es kömmt nichts auf die schräge Lage von deren Fläche an. Fig. 16. 78

— 41. Auch nicht auf die Grösse des Gewässers, das gegen den Damm druckt, insofern nur von dem Druck und nicht von Gewalt der Wellen die Rede ist. 79

— 42. Dieser Druck nimmt zu, wie die Quadrate der Höhen des Wassers. 80

— 43. Schätzung des Drucks auf einzelne Teile des Dammes und in demselben angebrachte Schleusenthüren und Schützen. Fig. 17. 81

— 44. Beiläufige Erläuterung von dem gewissermassen hinit übereinstimmenden Druck des Erdreichs gegen die dasselbhaltenden Vorbaue. Fig. 18. 83

— 45. Der Druck des Wassers auf die Seitenwände eines eigten Gefässes gleicht dem Gewicht eines Wasserprisma, essen Höhe und Breite der Höhe des Wassers im Gefässe nd die Länge dem innern Umfange desselben gleich ist. 7

— 46. Anwendung dieses Lehrsatzes auf runde Röhren von trächtlicher Höhe. 8

Zusätze.

Zu §. 11. Von dem Schwimmen der Wasservögel und von dem Carteslarischen Teufel. Fig. 19. 90

— — 22. Beschreibung und Berechnung einer nach Archimedischer Methode angestellten Probe guter und schlechter Goldmünzen. 92

— — 44. Nähere Erläuterung von dem Drange des Erdreichs gegen die dasselbe haltenden Vorbaue, und Nachtrag zur Mechanik in Ansehung eingeklemmter Körper. Fig. 20. 21. 96.

Erläu=

Erläuterung der Aerometrie

oder

der Lehre

von der

mathematischen Schätzung

der Kräfte der Luft.

Einleitung.

Ich habe bereits §. VII. der dem ersten Bande meiner Arbeit vorgesezten **vorläufigen Abhandlung von den Teilen der Mathemathik** kurz gesagt, warum man in den Lehrbüchern der gesammten Mathematik und Physik und insbesondere denen, welche die mechanischen Wissenschaften abhandeln, die Lehre von den Kräften der Luft teils im Druck teils in der Bewegung vor der Lehre von den Kräften des Wassers in der Bewegung abhandele.

Die Lehre von der Luft ist im allgemeinen sehr viel umfassend. Zwar ist man noch nicht vollends 200 Jahre zu richtiger Untersuchung von deren Beschaffenheit und Kräften gelangt. Aber desto schneller sind die Fortschritte des menschlichen Erkenntnisses in derselben gewesen. Fast 50 Jahre durch glaubte man in ihr am Ende zu stehen. Die Lehrbücher der Physik, welche von etwa 1720 bis 1770 geschrieben sind, haben wenig Verschiedenheit ihrem Inhalte nach, wenn gleich eine Verschiedenheit in der Vollständigkeit nach den verschiedenen Zwecken ihrer Verfasser. In dieser Periode wurden blos die Werkzeuge zu den mannifaltigen Versuchen verändert, wenn gleich nicht in allen angeblichen Erfindungen verbessert, und zum Gebrauch und zur Zuverlässigkeit der Versuche bequemer eingerichtet. Zwar gerieht gegen das Jahr 1730 ein

Engländer **Hales** auf Versuche, welche bewiesen, daß man die Luftmasse auf mancherlei Art verändern könne, und daß sie sich in dem gewöhnlichem Gange der Natur selbst oft so verändere, daß ihre Kräfte und Wirkungen viel Neues zeigten, was man in den bisher bekannten Versuchen nicht bemerkt hatte. Aber dies ruhete lange. Seine wichtigen Schriften: **Statik der Gewächse und Statik des Bluts** wurden zwar ins Französische und Deutsche übersezt und seitdem oft und beiläufig angeführt. Aber vielleicht verleitete auch deren Titel, daß nicht jeder das in ihnen, vorzüglich in der ersten, suchte, was in seinen Entdeckungen teils offen, teils noch verborgen lag, und daß niemand zu weitern Resultaten seiner wichtigen Versuche vorzudringen unternahm. Dies hat dann der berühmte **Priestley** zuerst getahn, und die Lehre von der Luft mit Entdeckungen bereichert, deren Wichtigkeit auch dem Unwissenden dadurch allein auffallend werden muß, wenn man ihm sagt, daß in ihnen die durch die Taht erwiesene Möglichkeit einer Luftschiffahrt ihren Grund habe.

Gehörte es in den Entwurf meines Buches, die ganze Lehre von der Luft in dasselbe einzutragen, so würde nach allen diesen Entdeckungen dieser Abschnitt einer der stärksten in demselben werden müssen. Aber ich werde mich fast ganz darauf einschränken, die Gründe der mathematischen Schätzung der Kräfte der Luft und was sonst in Ansehung der Luft durch Maas und Zahl sich erläutern

läßt,

läßt, in dem von mir erwählten Wege vorzutragen. Mein vornehmster Gesichtspunct werden diejenigen Wirkungen der Luftkräfte sein, welche der Mensch in so vielen Werkzeugen der Kunst anzuwenden bereits gelernt hatte, ehe er diese Kräfte, das Maas derselben und den Punct, über welchen hinaus sie nicht wirken können, kennen gelernt hat.

§. 1.

An jedem Orte über der Oberfläche des Erdballs entstehen uns Erfahrungen von der Gegenwart einer zwar unsichtbaren Substanz, die aber doch schon unserer Hand fühlbar wird, wenn wir sie etwas schnell bewegen. Man nehme einen Stab in die Hand, schwinge ihn in die Runde, schneller als die Hand selbst sich bewegen kann, so wird nicht nur ein Widerstand dieser Substanz fühlbar, sondern auch durch ein gewisses Zischen oder Rauschen hörbar. Im freien Raum haben wir fast täglich Erfahrungen von Bewegungen, die in derselben entstehen, und oft so heftig werden, daß wir unsern Körper nur mit Mühe deren Richtung entgegen bewegen können. Wir sehen in derselben andere Flüssigkeiten, die nicht blos, wie jene dem Gefühl, sondern auch den übrigen Sinnen bemerkbar sind, aufsteigen, und in ungleichem Abstande von der Erdfläche schwimmen, oder mit sehr ungleicher Schnelligkeit sich bewegen. Wenn wir uns auf Bergen oder hohen Thürmen befinden, so umgeben uns oft unförmige Massen dieser Art, und obwol sie uns dann ungleich weniger dicht erscheinen, als da wir sie von der Erde absa-

hen,

hen, so erfahren wir doch oft, daß sie wässerigt sind, indem sie uns befeuchten. Wir sehen aus eben diesen Massen, die wir Wolken nennen, Wasser in kleinern oder grössern Tropfen, die oft, selbst in der wärmesten Jahrszeit, dicht gefroren sind, und im Winter den Schnee herabfallen. Doch erfahren wir auch, daß diese feuchten Massen nicht immer in derselben befindlich, folglich nicht nohtwendig mit ihr verbunden sind. Sie ist oft viele Tage lang ohne diese Wolken, ohne daß die übrigen schon erwähnten Zeichen von ihrer Gegenwart, von ihrer starken Bewegung, und denen Kräften derselben, welche wir bald näher beurteilen werden, jemals ganz fehlten oder auch in dem Maasse sich verringerten, wie jene feuchte Beschaffenheit sich verändert.

§. 2.

Diese Substanz nennen wir Luft. Ihr Dasein ist dem Menschen zu allen Zeiten kund gewesen. Ihre Kräfte hat man durch alltägliche Erfahrungen einigermassen gekannt: Aber sie näher zu beurteilen und ihr Maas zu bestimmen, dazu sind die Menschen erst in neuern Zeiten gelangt. Man kannte sie lange als eine Substanz, welche einen jeden Ort erfüllt, zu welchem sie dringen kann. Die allenthalben sich von der Luft umgeben fühlenden Menschen konnten eben so wenig von den Kräften derselben bestimmte Erfahrungen sich verschaffen, als ein Fisch Erfahrungen von den Kräften des Wassers haben würde, auch wenn er Verstand und Urteilskraft hätte, wenn er nie sich über die Oberfläche des Wassers erhöbe,

nie eines seiner Sinnesorganen in einen Ort käme, wo kein Wasser ist. Denn hier würde ihm nach hydrostatischen Gründen allenthalben alles gleich vorkommen. Es mußten also noch erst Kunstwerkzeuge erfunden werden, durch welche man die Luft aus einem gewissen Raume, den sie eingenommen hatte, entfernte, oder in einen andern, wo sie nicht gewesen war, einzudringen abhielt, um die Kraft zu beurteilen, mit welcher sie auf die Hindernisse wirkte, durch welche sie von diesem Raume abgehalten ward.

§. 3.

Man nehme eine gläserne an Einem Ende geschlossene Röhre, so lang man sie bequem behandeln kann, aber nicht weiter, als daß man ihr offenes Ende mit dem Finger genau bedecken könne. Man fülle sie mit Wasser, und indem man sie mit dem Finger bedeckt hält, bringe man dieses Ende unter die Fläche des Wassers in irgend einem Gefässe. Das Wasser wird so wenig sinken, als es nach §. 29. ff. der Hydrostatik sinken würde, wenn in einer andern damit verbundenen Röhre das Wasser bis zu oder über eben der Höhe stünde. Es läßt sich hier an keine Kraft denken, die dies bewirkte, als an einen gewissen Druck der Luft auf das Wasser in dem Behälter. Denn dieses Wasser selbst kann es nicht höher halten, als es selbst in dem Behälter steht. Im Anfange des vorigen Jahrhunderts fiel es einigen gelehrten Italiänern ein zu untersuchen, ob diese Kraft der Luft eben dasselbe gegen

das

das so viel schweerere Queckſilber vermögte. Sie füllten also eine Röhre mit Queckſilber, und brachten auf ähnliche Art ihr offnes Ende unter die Oberfläche einer grössern Maasse Queckſilber in einem hinlänglich weiten Behälter. Es erfolgte und erfolgt noch immer, was man erwarten kann. Die Luft, deren Kraft allein hier ins Spiel kommen kann, läßt das Queckſilber nicht herunterſinken, ſo lange die Röhre nicht viel über Eine Elle lang iſt. Iſt ſie aber einige Zolle länger und die Röhre wird ſenkrecht gehalten, ſo ſinkt das Queckſilber bis zu der Höhe von etwa $1\frac{1}{4}$ Elle herab. Ich werde bald angeben, worum ich dieſe Höhe hier ſo unbeſtimmt laſſe.

§. 4.

Dieſe erſten Verſuche wurden in Italien oft wiederholt. Man ſchloß mit Grunde aus ihnen, daß dieſe Kraft der Luft beſchränkte Grenzen hätte, weil ſie das Queckſilber nicht höher als etwa $1\frac{1}{4}$ Elle hoch über ſeinem natürlichen Stand erhalten konute. Einige Zeit nachher nahm **Toricelli** bei einer ſolchen Röhre wahr, daß ſie auch nicht zu allen Zeiten gleich viel vermögte. Denn er ſah eines Tages unerwartet in einer ſolchen Röhre das Queckſilber von dem Puncte herabgeſunken, bis zu welchem es am Tage vorher ſich in derſelben erhalten hatte. Von dieſer Zeit an ward man aufmerkſamer auf dieſe Veränderung, und fand deswegen nöhtig, dieſen Röhren einen genauen Maasſtab beizufügen, welcher freilch aus dem Maaſſe eines jeden Landes genommen werden kann, da

man

man jedoch, um sich in Absicht dieser Beobachtungen bes-
ser zu verstehen, fast allgemein das Pariser Maas ge-
wählt hat, so will ich auch nur nach diesem Maasse das-
jenige bezeichnen, was ich noch von diesen Erschei-
nungen an dem Queckſilber in diesen Röhren und von des-
sen Veränderungen zu sagen habe.

Die größte Höhe, bis zu welcher sich das Queckſilber über die Fläche in dem Behälter, von welchem auf es steigt, erhebt, ist in unsern Gegenden 28⅔ Pariser Zoll, die geringste 26 Zoll.

§. 5.

Die gewisse Ueberzeugung, daß es eine Kraft der Luft sei, welche diese Wirkung hervorbringet, ist durch die später erfundene Luftpumpe bewirkt worden, in welcher nach Wegziehung der Luft das Queckſilber ganz herabsinkt, aber auch, sobald die Luft wieder zugelassen worden, bis zu dem vorigen Stande wieder steigt. Sie entsteht aber auch ohne künstliche Versuche schon daraus, daß man in einer offenen Röhre diese Erscheinung niemals zuwege bringen kann. Auch wenn man eine solche Röhre, in welcher sich jene Erscheinung lange und oft gezeigt hat, oben zerbricht, so daß die Luft auch von oben her Zugang gewinnt, so sinkt das Queckſilber sogleich in der Röhre zu gleicher Höhe mit dem in dem Behälter befindlichen herab, wie dies nach hydrostatischen Gründen nicht anders sein kann.

§. 6.

Der sich in diesen Versuchen zeigende Druck der Luft deutet auf eine Schweere derselben. Daß aber deren

Schweere auf eben die Art, wie bei andern vesten oder flüssigen Körpern, anzusehen sei, und dieselbe eben wie diese bei einer bestimmten Masse ein bestimmtes Gewicht habe, hat sich in einem andern Versuche gezeigt.

In der Mitte des vorigen Jahrhunderts erfand Otto von Guerike die Luftpumpe, ein Werkzeug, durch dessen Beschreibung ich mein Buch nicht ausdehnen, sondern blos an seinem Orte das Gesez erklären werde, nach welchem die Luft durch dasselbe aus verschlossenen Räumen, die man von ihr leer machen will, gezogen wird. Durch diese kann man dann auch holen Kugeln von einem bestimmt zu berechnenden Raume die Luft entziehen, welche sie enthalten. Alsdann zeigt sich eine Verminderung ihres Gewichts so gut, als wenn man ein Gefäß mit Wasser füllt, mit demselben wiegt, und es wieder wiegt, nachdem das Wasser ausgegossen ist. Durch diesen Versuch ist bewiesen, daß ein Pariser Cubicfuß Luft ungefähr anderthalb Unzen schweer sei. Ohngefähr, sage ich, und werde das nähere da angeben, wo es zu wissen uns nohtwendiger wird.

§. 7.

Man hat nicht lange gesäumt zu untersuchen, in welcher Uebereinstimmung der Druck der Luft, mit welchem dieselbe das Queckſilber auf 28 Pariser Zoll und darüber erhält, mit demjenigen sich zeige, welchen es auf andere flüssige Körper, insonderheit das Wasser übt. Es war voraus zu sehen, daß er das leichtere Wasser höher und

zwar um so viel höher erhalten würde, als dieses leichter, wie das Queckſilber iſt. Es iſt aber 14mal leichter, und ſo ließ ſich erwarten, daß es auch 14mal höher, als das Queckſilber unter ſonſt gleichen Umſtänden in einer Röhre ſich halten würde, in welcher ſonſt keine andere Kraft, als dieſer Druck der Luft, es über ſeiner Horizontalfläche erhalten kann. Das hat ſich so erwieſen: und zwar in der vollkommſten Uebereinſtimmung mit allen Erſcheinungen, die ſich an dem Queckſilberbarometer zeigen. Wenn dieſes 28 Zoll hoch ſteht, ſo ſteht das Waſſer in einem ſogenannten Waſſerbarometer 14×28 Zoll $= 32\frac{2}{3}$ Fuß hoch. Sinkt jenes, ſo ſinkt auch dieſes, aber viel geſchwinder und merklicher, weil man einen 14mal gröſſern Maasſtab ſeiner Veränderungen hat. Es ſteht daher nicht leicht einen Augenblick ganz ſtille, weil die Luft ſelbſt nie lange in Ruhe und in gleicher Schweere bleiben kann. Wenn beide durch die Wärme ausgedehnt werden, ſo verändert dies an beiden die Höhe, aber weit mehr und in ſchnellern Abwechſelungen bei dem Waſſer als bei dem Queckſilber.

§. 8.

Wir haben (Hydroſt. §. 29. ff.) an flüſſigen Körpern geſehen, daß und warum ſie in Röhren von äuſſerſt ungleicher Weite dennoch in gleichen Höhen ſich neben einander erhalten, und daß die gröſßte Waſſermaſſe, wenn ſie in irgend eine enge Röhre einen Teil Waſſer hineintreibt, es nicht höher treiben könne, als ſie ſelbſt in ihrem Behälter ſteht. Nicht an-

anders zeigt es sich bei dem Drucke der Luft. Wenn dieser durch seine Kraft Queckſilber als den ſchweersten, und wenn er ſonſt den leichteſten flüſſigen Körper in irgend eine Hölung, von welcher Figur ſie auch iſt, hineinpreßt, ſo endigt ſich deſſen Wirkung bei einer beſtimmten perpendicularen Höhe, nach der Beſchaffenheit dieſes Fluidums; und Weite, Lage und Figur dieſes Behälters ändern darin nichts. Es iſt nicht überflüſſig, wenigſtens hier Beiſpiels halber anzuführen, wenn gleich die Sache ſelbſt in die Hydraulik gehört, daß das Waſſer in den Pumpen durch den Druck der Luft zu einer gleichen Höhe getrieben werde, die Pumpen mögen ſo weit oder ſo enge ſein, als ſie wollen, und dabei ſchräg gelehnt ſein, oder gerade aufſtehen. Auch die Uebereinſtimmung mit dem wichtigen hydroſtatiſchen Geſez, daß die flüſſigen Körper im Verhältnis ihrer Grundfläche und ihrer Höhe drücken, findet ſich ganz in dem Druck der Luft wieder. Zwar drückt die Luft immer und allenthalben von einer groſſen wiewol veränderlichen Höhe herab, von deren ungefährer Beſtimmung ich bald mehr ſagen werde. Da ſie allenthalben hin ſich den Weg öfnet, und die Kunſt ihr nur dies für kleine Räume wehren kann, ſo hat man es nicht in der Macht, ihren Druck in einer andern, inſonderheit nicht in einer mindern Höhe zu benuzen, als in welchem es die Natur giebt: aber das hat man in der Macht, dieſen Druck zu verſtärken, oder zu vermindern, je nachdem man demſelben eine groſſe oder kleinere Grundfläche darbietet, auf welche er wirken kann. In der §. 64. der Mechanik erwähn-

wähnten Feuermaschine läßt man sie auf cylindrische Kolben von 3 ja gar von 4 Fuß drücken, und erlangt zuverläßig eine aus der Grösse dieser Fläche leicht zu berechnende Wirkung.

Denn da die Luft im Stande ist, in ihrem mittlern Zustande das Queckſilber 28 Zoll oder beinahe 31 $\frac{3}{4}$ Hamburger Zoll hoch zu erhalten, ohne Rücksicht auf die Weite einer solchen Röhre, so würde sie dies auch leisten, wenn ihr Druck auf Queckſilber in einer Röhre wirkte, von gleichem Durchmesser mit derjenigen Fläche, auf welche sie drückt, ja sogar auf eine noch weitere. Wie man nun in einem solchen Fall sagen würde, der Druck der Luft auf der einen Seite ist dem Gegendruck des Queckſilbers auf der andern gleich, so ist dies auch allgemein wahr, und man kann, wenn man eine bestimmte Schäzung machen will, sagen: Der Druck der Luft ist dem Gewichte einer Masse Queckſilbers gleich, welche auf der Fläche, so jezt die Luft niederdrückt, 28 Zoll hoch stehen könnte. Zu einem Beispiel will ich die Rechnung für eine gewöhnliche Pumpe von 4 Zoll im Diameter und eine solche grosse Maschine machen, deren von der Luft gedrückte Kolbe 3 Hamburger Quadratfuß im Flächeninhalt hat.

1) Der Cirkeldurchschnitt der kleinern Pumpenkolbe ist 12 $\frac{1}{2}$ Quadratzoll.

In

In der Höhe 31¾ Hamburger Zoll würde auf derselben ein Wassercylinder stehen von 397 Cubicfuß. Nun rechne man: 266 Cubiczoll : 7 7/16 Pf. = 397 Cubiczoll. Es entstehen 11⅛ Pf.

Weil aber das Queckſilber 14mal ſchweerer als das Waſſer iſt, ſo giebt dies 155 ¾ Pf.

2) Auf einer Fläche, 3 Quadratfuß oder 432 Quadratzoll haltend können in der Höhe 31¾ Zoll ſtehen 13720 Cubiczoll, d. i. (wenn man durch 1728 dividirt) 7 Cubicfuß, 1624 Cubiczoll Waſſer.

Nun rechne man 48 Pf. für den Cubicfuß, ſo gibt dieſes ſehr genau 381 1/9 Pf. Waſſer.

Dieſe durch 14 multiplicirt, geben 5335 5/9 Pfund an Queckſilber.

Eben dieſe Zahlen geben dann auch das Gewicht des Waſſers an, welches in einer 14mal gröſſern Höhe, nemlich 32 1/12 Pariſer Fuß oder 36 Hamburger Fuß 10½ Zoll über eben dieſen Kolben ſtehen könnte.

§. 9.

Bei unreifem Nachdenken möchte jemanden hier die Frage einfallen, wie denn dieſer ſo mächtige Druck der Luft unſern Körpern ſo ganz unmerklich werde. Dies erinnert mich an einen Mann, der noch dazu ein Architect zu ſein vorgab, welcher bei dem Bau der hieſigen

Michae:

Michaeliskirche es für unmöglich hielt, dieselbe mit einem Dache zu bedecken, weil die ungeheure Luftmasse über demselben es bald eindrücken würde. Freilich drückt auf einen jeden menschlichen Körper, wenn dessen Durchschnitt einen Quadratfuß ausmacht, von oben herab eine Luftmasse gleich dem Gewichte von $2\frac{1}{3}$ Fuß Queckſilber. Dies Gewicht würde uns zu Boden drücken, wenn wir jemals an einen Ort gelangten, wo nicht auch Luft unter und um uns wäre. So aber geht es hier eben so zu, wie mit einem Körper, der sich unter Wasser, aber von allen Seiten her vom Wasser umgeben befindet, wie ich §. 8. der Hydrostatik gezeigt habe. Auf einen inwendig holen Körper würde der Druck wirken und ihn zusammendrücken, um den leeren Raum einzunehmen. In der Taht zersprengt auch die Luft in allen Versuchen flache Glasplatten, gespannte Blasen und andre hohlliegende Körper, wenn man aus oder unter denselben die Luft wegnimmt. Aber einem festen, nicht hohlen, oder inwendig nicht luftleeren Körper, wie es die tierischen Körper sind, wird der von oben, unten und von den Seiten her gleichförmig wirkende Druck der Luft unmerkbar, und hindert dessen Bewegung nicht anders, als wenn sie schnell genug wird, um mit jedem Schritt eine starke Masse der Luft aus dem Wege zu räumen.

§. 10.

Groß ist freilich dieser Druck der Luft, aber nicht unendlich groß, wie es derjenige vermuthen müßte, welcher

von

von der Luft eine unendliche Höhe annimmt. Es deutet also schon diese bestimmbare Grösse ihres Drucks auf eine nicht von unendliche Höhe der Atmosphäre, wenigstens auf eine nicht von unendlicher Weite her wirkende Schweere derselben. Dies aber ist auch durch folgende Erfahrung ausser Streit gesezt: Da man nach Erfindung des Barometers versuchte, mit demselben Berge von beträchtlicher Höhe zu besteigen, so fand sich, daß, je höher man stieg, desto mehr das Queckſilber in dem Barometer sank. Dies ist auch nicht blos bei Bergen, sondern schon bei etwas hohen Gebäuden merklich. Wer ein Haus 80 Fuß hoch bewohnt, bemerke den Stand seines Barometers unten auf dessen Diele genau, trage es alsdann auf den obersten Boden, und er wird bei einer Veränderung von 80 Fuß in der Höhe dasselbe schon um ein merkliches niedriger stehend finden. Man wird nicht einen Augenblick anstehen, die Erklärung davon darin zu finden, daß ich, je höher ich steige, desto weniger Luft über mir habe, und der Druck der mindern Luft dem der mehrern nicht mehr gleich sein könne. Man wird hieraus unmittelbar schliessen, daß diese Veränderung in dem Stande des Barometers einen Maasstab zur Schätzung der Höhe, nicht nur von Gebäuden, sondern auch von grossen Berg-Höhen abgeben könne. Man wird dabei sogleich einsehen, daß, wenn es einen Ort über der Oberfläche der Erde gäbe, bis zu welchem die Luft nicht mehr reiche, das Queckſilber des Barometers dort gar keine Höhe mehr behalten könne. Dies ist freilich wahr. Aber man nehme nicht

etwa zu geschwind an, daß der Druck der Luft ganz in eben dem Verhältnisse abnehme, in welchem man sich von der Oberfläche der Erde entfernt. So würde es sein, wenn die Luft ein Körper eben der Art, wie das Wasser, wäre, nemlich durchaus von gleicher Dichtigkeit. Bei dem Wasser ist es wahr und bekannt, daß es doppelt so stark drückt, wenn es z. B. hundert Fuß, als wenn es funfzig Fuß hoch stehet. Aber bei der Luft kömmt noch eine Eigenschaft neben deren Schweere in Betrachtung, die in der Wirkung, welche dieselbe vermöge ihrer Schweere äussert, sehr vieles verändert.

§. 11.

Diese ist die Federkraft der Luft oder das Vermögen der Luft, einen jeden Raum einzunehmen, in welchem sich nicht entweder schon Luft befindet, oder sonst eine Substanz ihr Eindringen verhindert. Das Wasser, und alle Substanzen eines eigentlich wässerigten Stofs nehmen einen immer gleichen Raum ein, welchen blos die Wärme um etwas vermehren und die Kälte um etwas vermindern kann. Daher drückt auch das obere Wasser das untere wenigstens nicht merklich zusammen, wie ich schon §. 4. der Hydrostatik angemerkt habe. Aber die Luft läßt sich einerseits in einen unbestimmbar engen Raum zusammendrängen, je nach dem Verhältnisse der Kraft, welche auf sie drückt. Die Kunst hat Mittel, dies zu tuhn, und es ist, wenn gleich nicht ganz erwiesen, doch wahrscheinlich, daß, wenn die Kunst 20 Pfund Kraft zu einem

nem solchen Zusammendrucke der Luft anwendet, sie einen halb so engen Raum einnehme, als welchen sie einnimmt, wenn nur zehn Pfund sie drücken. Es ist hier noch nicht der Ort, von den Erfindungen der Kunst zu diesem Zweck zu reden, auch nicht von den künstlichen Erfahrungen, insonderheit denen mit der Luftpumpe, in welchen diese Federkraft der Luft wirksam wird. Eine alltägliche Erfahrung, um anschaulich einzusehen, was man sich unter dieser Federkraft der Luft vorzustellen habe, kann sich ein jeder verschaffen, wenn er eine mit Luft gefüllte Ochsenblase nimmt, und nachdem er deren Hals sorgfältig zugebunden hat, sie mit den Händen preßt. Er wird bemerken, daß die beschlossene Luft zwar seinem Druck widersteht, und wenn derselbe gar zu gewaltsam wird, die Blase zersprengt, um sich Raum zu verschaffen, daß sie aber dennoch dem Druck, so lange er währt, nachgebe, aber auch den ihr benommenen Raum wieder einnehme, sobald derselbe wieder nachläßt. Oder er drücke aus einer solchen Blase die Luft, mit welcher sie aufgetrieben ist, größtenteils heraus, binde sie feste zu, und lege sie dann auf einen warmen Ofen. Er wird sie bald sich aufblähen sehen, und daran wahrnehmen, daß die Wärme eine Ausdehnung der wenigen in der Blase verschlossenen Luft bewirke.

Wenn man zu dieser Fähigkeit der Luft sich zusammendrücken zu lassen, aber auch jedem Drucke entgegen zu wirken, auch ihre Schweere hinzudenkt, so ist klar, daß sie durch diese Schweere sich selbst zusammendrücken müsse,

und

und daher unten an der Oberfläche der Erde dichter, in einiger Entfernung minder dicht sein müsse. Man stelle sich einen hohen Turm vor, der inwendig mit Vogelfedern angefüllt ist. So leicht diese Federn sind, so macht doch in einer beträchtlichen Höhe deren Menge eine Pressung entstehen, in Folge welcher die Federn zu unterst im Turm dichter zusammen liegen würden, als zu öberst, und folglich ein Cubicfuß dieser Federn zu unterst beträchtlich schweerer als zu öberst werden würde. So ist es mit der Luft bewandt. Die Luft, in welcher wir zu unterst über der Erdfläche leben, hat das Gewicht aller über ihr befindlichen Luft zu tragen. Wir haben schon eingesehen, daß wir die dadurch bestimmte Pressung der untern Luft mit dem Druck einer Queckſilbersäule 28 Zoll hoch vergleichen können. Sie befindet sich also wirklich in einem Zustande, der diesem Druck gemäß ist, und in jedem andern Orte, wo nicht eben derselbe Druck Statt hat, oder nächst an dem Erdboden zu jeder andern Zeit, da sich dieser Druck verändert, in einem andern Zustande, nemlich minder gepreßt, und folglich minder dicht.

§. 12.

Diese Ausdehnung und Dichtigkeit der Luft ändert sich auch durch die Einwirkung einer andern Ursache, nemlich mit den Graden der Wärme. Die Wärme dehnt die Luft aus, und mit der Kälte zieht sie sich wieder zusammen. Dies hat sie nun zwar mit den wässerigten Körpern gemein. Aber es zeigt sich bei ihr in einem

weit

weit stärkern Maasse. Bei starker Wärme zersprengt die Luft die Körper, welche sie einschliessen, um sich Raum zu verschaffen. Man setze ein dünnes Glas, dessen Hals man mit einem Korke genau verschliessen kann, auf einen warmen Ofen, nachdem man vorher die kältere Luft natürlich in dasselbe hat eintreten lassen. Es wird nicht lange dauern, da sie dasselbe mit einem starken Knall zersprenget. Was erfolge, wenn man eine von ihrer Luft volle Fischblase auf Kohlen wirft, wissen auch die Kinder.

Künstlichere Versuche, als diese, beweisen es, daß ohne Wärme, und ohne eine durch Kunst verursachte Pressung der Luft dieselbe einen jeden Raum einnehme, der ihr freigelassen wird, und daß sie schnell in jeden Ort übergehet, wo sich die Kraft verliert oder vermindert, welche bis dahin sie in ihren Gränzen hielt, es mag diese Kraft in anderer Luft oder in sonst irgend einem Körper ihren Siz gehabt haben. Diese Ausdehnung derselben kann nicht ohne eine Verminderung, ohne eine Verdünnung vorgehen, deren Grenzen eben so unbestimmbar sind, als die der möglich größten Verdichtung durch eine sie zusammenpressende Kraft.

Ich habe §. 66. der Mechanik einer Federkraft der festen Körper erwähnt, welche darin besteht, daß sie zwar einem jeden Drucke oder Stosse durch eine Veränderung ihrer Figur nachgeben, aber dieselbe sogleich wieder annehmen, wenn dieser Druck oder Stoß nachgelassen hat.

In

In der Federkraft der Luft findet sich zwar eben das, wenn der Raum, in welchem die Luft beschlossen ist, eine bestimmte Figur hat. Die in einer verschlossenen Blase beisammengehaltene Luft wird, wenn sie in derselben zusammengepreßt worden, sie freilich zu der vorigen Figur wieder aufblähen, weil die Blase eben diese wieder annehmen kann. Aber der Luft selbst ist jede Figur des sie beschliessenden Raums gleichgültig, und diejenige, welche ihr den Umständen nach die größte Ausdehnung erlaubt, so zu reden, die liebste. Es ist also mehr in der Elasticität der Luft, als in der der soliden Körper. Denn diese suchen, wenn der Druck nachgelassen hat, keine andere und keine grössere Figur anzunehmen, als sie vorher hatten.

§. 13.

Die Schweere der Luft in der Dichtigkeit, welche sie in der Nachbarschaft der Erde erlangt, ist zwar die größte, welche sie oberhalb der Erde erlangen kann, aber doch nur ungefähr $\frac{1}{12000}$ der Schwere des Queckſilbers. In Röhren gegen einander drückend würde also die Luft in der Höhe 12000 Zoll oder 1000 Fuß von einem Zoll Queckſilber gehalten werden. Der Röhre bedarf es freilich nicht weiter, als zur Erleichterung unsrer Vorstellung. Aber eben deswegen wollen wir noch dabei verbleiben. Wäre es nun mit der Luft, wie mit dem Wasser, bewandt, so wäre die Rechnung geschwind gemacht, wie hoch dieselbe in ihrer Röhre stehen müsse, wenn das Queckſilber in der seinigen 28 Zoll hoch steht. Man

darf nemlich auf jeden Zoll Queckſilber eine Schichte Luft 1000 Fuß hoch in der andern Röhre rechnen, die jenem das Gleichgewicht hält. Dies gäbe dann 28000 Pariſer Fuß oder eine groſſe deutſche Meile. Aber weil die Luft neben ihrer Schweere auch das Vermögen ſich in dem Maaſſe auszudehnen hat, je weniger ſie, es ſei durch ihr eignes Gewicht, oder durch ſonſt eine Kraft, gedruckt wird, ſo verändert ſich alles in dieſen 28 Luftſchichten, nicht nur überhaupt, ſondern in jeder beſonders. Schon in der erſten Luftſchichte kann keine gleiche Dichtigkeit Statt haben, da der unterſte Teil derſelben das ganze Gewicht einer Luftmaſſe auf ſich liegen hat, deren Druck ſich mit dem von 28 Zoll Queckſilber, der Druck auf den öbern Teil aber nur mit dem von 27 Zoll vergleichen läßt. Es iſt auch klar, daß dies in dieſer erſten und folgends in den höheren Schichten nicht etwan ſprungweiſe, ſondern ſo fortgehen werde, daß jeder etwas höhere Teil Luft ſich zu einem gröſſern Raume ausdehne, als der zunächſt unter ihm befindliche und folglich mehr gedrückte. Die öberſte, keinen weitern Druck über ſich habende Schichte würde ſich ins Unbeſtimmbare ausdehnen, wenn nicht ihre Teile bei dem allen noch ſchweer blieben, und ſich deswegen in der Nachbarſchaft der Erde erhalten müßten.

§. 14.

Dies verrückt alſo freilich die Rechnung ſehr, nach welcher es ſchien, daß man die Höhe der Berge unmittelbar dem aus Stande des Queckſilbers auf denſelben würde

ſchä-

schäzen können. Aber unter der Voraussetzung, daß die Luft sich im umgekehrten Verhältnisse des Drucks ausdehne, den sie auf sich selbst übt, daß sie z. B. da, wo sie nur noch das Vierteil, das Achtteil und so ferner der Atmosphäre über sich hat, zweimal, viermal, achtmal u. s. f. so viel Raum, als unten auf der Oberfläche der Erde, einnehme, hat der Mathematiker schon genug, um

1) die Höhe der ganzen Atmosphäre zu schätzen. Ich will diese Rechnung nicht aus eigentlichen Lehrbüchern der Physik entlehnen, sondern blos deren Resultat angeben, nach welchem diese Höhe aufs höchste 20 Deutsche Meilen beträgt. Leser, die selbst gerne rechnen, ehe sie glauben, werden in **Segners Naturlehre** §. 258. ff. sich sehr deutlich angeleitet finden, die Rechnung zu machen, wiewol aus der angenommenen Höhe von $28\frac{1}{2}$ Rheinländischen Zollen, statt deren ich lieber bisher 28 volle Pariser Zoll angenommen habe.

§. 15.

2) Der Mathematiker aber ist auch zu sichern Regeln gelangt, um aus dem beobachteten Stande des Barometers auf jeder Höhe, die er mit derselben besteigt, diese Höhe zu beurteilen. Die höhere Geometrie hat hiebei zu Hülfe kommen müssen, und durch die Analogie mit dem Kegelschnitt, der den Namen Hyperbel führt, den Grund zur Berechnung solcher Tabellen angegeben, in denen man die aus einer jeden Barometerhöhe sich ergebende

gebende Erhebung eines jeden Orts über die Meeresfläche beurteilen kann. Freilich muß man, wenn man eine Untersuchung dieser Art in unsern Gegenden anstellt, den Stand des Barometers, den es zu eben der Zeit unmittelbar über der Meeresfläche hat, und die etwanigen Veränderungen in demselben während der Bergreise von einem andern Beobachter wahrnehmen lassen. In der Nachbarschaft des Aequators bedarf es dessen nicht, weil dorten die Barometerhöhe sich fast gar nicht verändert. Herr **Kästner** hat in seiner Abhandlung von **Höhenmessungen durchs Barometer**, die mit seinen **Anmerkungen über die Merkscheidekunst** zusammen gedruckt ist, diese Sache am besten und vollständigsten abgehandelt. Herrn **de Luc Untersuchungen über die Atmosphäre** geben insonderheit im zweiten Bande ebenfalls eine sehr vollständige Belehrung.

§. 16.

Indessen bewirken ausser der blossen Schweere der Luft so viele andere zufällig sich verändernde Ursachen Veränderungen in der Federkraft der Atmosphäre, daß dieses die Zuverlässigkeit solcher Höhenmessungen sehr vermindert. Zwar hat die Geometrie auch ihre Methoden, die Höhe der Berge zu messen, welche ich an seinem Orte in dem ersten Bande erläutert habe. Die Anwendung aber ist mit grössern Schwierigkeiten als irgend eine andere Aufgabe der praktischen Geometrie begleitet, und noch immer nicht auch nur so viel Zuverlässigkeit davon zu hoffen, als von dem

jezt

jezt erklärten Wege durchs Barometer, zumal wenn man nicht durch Eine Beobachtung, sondern durch eine lange fortgesezte Folge derselben die Sache auszumachen sieht.

Es ist nemlich aus dem bisher gesagten klar, daß in jeder Berggegend, die einen beträchtlichen Teil eines grossen rundum flächern Landes ausmacht, die Atmosphäre überhaupt eine geringere Höhe über jedem Punct dieser Berggegend haben müsse, als welche sie zu gleicher Zeit über dem flachen Lande hat. Nicht nur auf den Alpen der Schweiz wird das Barometer zu allen Zeiten viel niedriger stehen, als am Ausflusse des aus den Alpen hervor quillenden Rheins in Holland, sondern dies muß sich schon diesseit der Alpen in allen längst dem Rhein belegenen Städten zeigen, weil sie alle höher als der Ausfluß desselben liegen. Wenn nun durch eine Jahrelang fortgesezte Vergleichung der Beobachtungen ausgemacht ist, daß bei allen zufälligen Veränderungen in der Atmosphäre nach einer Durchschnittsrechnung das Quecksilber im Barometer zu Zürich 1 Zoll 6 Linien, zu Schaafshausen 1 Zoll 4 Linien, zu Basel 1 Zoll, zu Strasburg 10 Linien niedriger, als zu Amsterdam stehe, so ist man, wo nicht der Gewißheit, doch der Wahrscheinlichkeit sehr nahe, daß diese Städte eine aus dieser geringern Höhe zu berechnende höhere Lage als die Meeresfläche haben müssen. Man findet gründliche Anleitung, wie diese Durchschnittsrechnung zu machen sei in den bereits angeführten Schriften der Herren **Kästner** und **de Luc.** Wer eine

möglichst genaue Anwendung derselben auf eine mässige Berggegend einsehen will, den werde ich vorzüglich auf Herrn Lasius Beobachtungen über die Harzgebürge, Hanover 1789, 8. verweisen dürfen.

§. 17.

Ich mag mein Buch nicht durch Beschreibung von Kunstwerken ausdehnen, welche jedermann dem äusserlichen nach kennet, und die in so ungemein vielen Büchern beschrieben, und in Kupfern dargestellt sind, als die Luftpumpe sich bereits beschrieben findet. Viel weniger mag ich mich auf die Erklärung der mannigfaltigen Erfindungen einlassen, durch welche dieselbe seit ihrer ersten Erfindung verbessert oder für den Gebrauch erleichtert ist. Was aber für meinen Zweck gehört, ist eine Erläuterung der Art, wie und in wie weit durch dieses Werkzeug ein Raum luftleer gemacht werden kann.

Die Erfindung der Luftpumpe gründet sich nicht so sehr auf die Schweere der Luft, auf deren Federkraft, vermöge welcher sie sich in keinem Raum, worin sie beschlossen ist, beisammen hält, sobald ein Raum ihr geöfnet wird, in welchen hinein sie aus jenem sich verbreiten kann. Wer nur einer Luftpumpe in deren Behandlung zusieht, und sich die Sache noch nicht hat erklären lassen, der beachte, daß unter der Glasklocke sich eine metallene Röhre öfnet, welche nach dem Einen oder nach zwei metallenen Cylindern zugeht, in welchen die Kolbe der Luftpumpe hin und her getrieben wird. Er bemerke, daß,

wenn

wenn diese Kolbe auf dem Boden des Cylinders stehet, kein Raum für Luft da ist, daß aber, wenn die Kolbe in die Höhe, oder in liegenden Cylindern horizontal weggezogen wird, ein Raum entstehe, in welchen hinein die Luft durch die erwähnte metallene Röhre sich verbreiten kann. Dies tuht sie dann wirklich. Wird dann aber die Kolbe wieder zurückgetrieben, so würde auch sie wieder unter das Glas zurücktreten, wenn ihr der Rückweg nicht verschlossen, und ein anderer geöfnet würde, durch welchen sie in die freie Luft hinausgehen kann. Dies bewirkt man nun durch Ventile oder durch metallene Hahne, von deren Einrichtung und vorteilhaftesten Beschaffenheit ich nichts hier sagen mag. Dies ist indessen klar, daß bei jedem Zuge der Luftpumpe die Luft unter der Klocke in dem Maasse sich verdünnt, wie das Verhältnis des freiwerdenden Raums in der Pumpe zu dem Raum in der Klocke es bestimmt. Es fasse z. E. (um die leichteste Zahl zu nehmen) die Klocke nicht mehr Raum, als die Pumpe, wenn die Kolbe zurückgezogen ist. Dann nimmt nach dem ersten Zuge die Luft den doppelten Raum ein, und ist nur halb so dicht mehr, als sie vor dem Zuge war. Diese Luft wird bei dem Zurücktreiben der Kolbe zu der äussern Luft übergetrieben, und dann dehnt sich bei dem zweiten Zuge die schon um die Hälfte verminderte Luft wiederum in einen gleichen Raum aus, wird folglich auf $\frac{1}{4}$, bei dem dritten auf $\frac{1}{8}$ u. s. f. verdünnt. Es wird also bei jedem Zuge die Hälfte der Hälfte weggenommen, aber eben deswegen muß immer noch etwas Luft in der Klocke übrig sein, wenn die Hälfte

derselben in die Luftpumpe treten soll. Man nehme ein anderes Verhältnis, nemlich daß die Klocke 8mal so viel Raum enthalte als bei jedem Zuge der Luftpumpe ihr geöfnet wird; so wird sie mit dem ersten Zuge auf $\frac{7}{8}$, mit dem zweiten Zuge auf $\frac{49}{64}$, mit dem dritten auf $\frac{1920\,8}{2\,8\,6\,72}$ oder ziemlich genau $\frac{2}{3}$ und so ferner vermindert. Man sieht leicht ein, daß hier eine geometrische Progression entstehe, welche sich, wenn sie ins Unendliche fortgesezt wird, d. i. nach unzählig vielen Zügen der Luftpumpe, auf einen unendlich kleinen Teil vermindern würde. Aber die idealische Abnahme in einer solchen Progression ins unendliche findet bei dieser practischen Arbeit nicht Statt. Man pumpe, so lange man wolle, so bleibt doch die Zahl der Züge eine endliche Zahl. Es ist genug hier zu bemerken, daß, insonderheit bei dem zweiten Verhältnis der Räume, eine lange fortgesezte Arbeit dazu gehöre, ehe man die noch übrig bleibende Luft als unmerklich klein, etwa als ein Hundertteil der natürlichen Luft ansehen kann, und daß ein so leerer Raum gar nicht entstehen könne, als von welchem man die Vorstellung gewinnt, wenn man sein Barometer etwas seitwärts neigt, bis das Queckfilber gegen das Ende der Röhre anschlägt, und uns überzeugt, daß gar keine Luft in demselben beschlossen sei. Wenn man dann das Barometer wieder senkrecht hält oder hängt, so entsteht ein leerer Raum, oder war vorher schon da, in welchem ganz und gar keine Partikel Luft sich befinden kann. Man nent daher diesen das **Toricellische Vacuum**, von dem Erfinder des Barometers **Toricelli**.

Nur

Nur Schade, daß man keinen Köper in denselben bringen kann, um Versuche damit anzustellen!

Aber es fehlt viel daran, daß man durch lange fortgesetztes Auspumpen die Luft sie so weit ausziehen könnte, als es sich aus jener Progression berechnen läßt; selbst dann nicht, wenn die Luftpumpe ganz vollkommen ist. Denn

1) wenn die Luft nach einer grossen Zahl von Zügen sehr dünne geworden ist, so wird ihre Federkraft zu schwach, als daß sie durch die enge Leitung noch fortschlüpfen könnte, die ihr bis zur Pumpe gegeben wird. Sie wird in dieser Röhre angezogen und ihr Fortschlüpfen in den Cylinder dadurch verhindert.

2) Hat die Luftpumpe Ventile, so muß die aus der Glasklocke sich wegdrängende Luft diese heben, um in den Cylinder zu treten. Das aber kann sie nicht mehr, wenn sie schon sehr verdünnet ist. Dann mag man pumpen, so lange man will; man zieht keine Luft weiter unter der Klocke heraus. Hat die Pumpe Hahne, so ist allemal ein kleiner Raum da, in welchen bei Umdrehung des Hahns die äussere Luft sich hineinzieht, und, wenn wieder gedrehet wird, in die Klocke tritt. Durch alle bisherige Erfindungen dies zu hindern kann nichts weiter ausgerichtet werden, als daß dieser Raum möglichst klein werde. Dann können aber die lezten Züge nicht einmal so viel tuhn, daß sie diese neu eingetretene Luft wieder wegschaffen.

3) Je mehr die Luft verdünnt wird, destomehr vermag die Kraft der natürlichen Luft, mit welcher sie in den leeren Raum wieder einzudringen sucht. Es ist also das die Probe einer guten Luftpumpe, daß, wenn sie so weit ausgeleeret ist, als die Maschine es leisten kann, und dann ruhig gelassen wird, in mehrern Tagen keine Luft wieder in dieselbe eindringt, welches man durch ein an derselben angebrachtes Barometer erforscht. Der Raum in der Klocke wird alsdann mit einem besondern Hahn abgeschlossen; aber dazu gehört viel, die Kolben der Pumpe so fest schliessend zu machen, daß nicht bei den lezten Zügen die äussere Luft neben denselben zu der so sehr verdünnten Luft in den Cylinder wieder sich einschleiche, da dann kein Pumpen weiter hilft.

§. 18.

Schweere und Federkraft vereint machen also die Luft zu einem Körper, der mit Macht auf andere körperliche Substanzen wirken kann. Wie stark sie wirke, wenn sie in einer grossen Masse von Einer Gegend in die andere übergeht, erfahren wir in der gewaltsamen Bewegung der Luft, die wir Sturm nennen. Aber die minder gewaltsamen Bewegungen derselben dienen an den Windmühlen als eine mechanische Kraft, die vor andern gewisse entschiedene Vorteile hat. Davon aber und von andern Arten sie anzuwenden habe ich §. 63. meiner Mechanik bereits genug gesagt.

Doch hat die Kunst es mehr in der Macht, den blos-
sen Druck der Luft zu voraus bestimmbaren Wirkungen
anzuwenden. Dies tuht sie insonderheit in Wasserkün-
sten aller Art, sowol den einfachen Pumpen, als den
weit mehr zusammengesezten, dergleichen einer, der Pot-
terschen Feuermaschine, ich bereits mehrere male erwähnt
habe. Mehr darüber zu sagen, muß ich in eine meinem
Zweck gemässe Abhandlung von der Hydraulik versparen.
Hier will ich blos noch dasjenige anfügen, was auf eine
nähere Schätzung der Luft in deren Drucke leiten kann,
aber auch diejenigen Umstände allgemein erläutern, un-
ter welchen dieser Druck durch blosse Einwirkung der Na-
tur sich von Zeit zu Zeit verändert.

Ich vermeide bei dieser blos mechanischen Betrach-
tung der Kräfte der Luft geflissentlich die Erläuterung al-
ler derer Versuche, welche durch Hülfe genauerer Werk-
zeuge, insonderheit der Luftpumpe, die verschiedenen Kräfte
der Luft und das besondere Merkwürdige in ihrer Art zu
wirken anschaulich darstellen, und dem Zweifler die völlige
Ueberzeugung geben müssen, daß das, was die Physik
der Vorwelt ganz andern dunkel gedachten oder vielmehr
blos eingebildeten Ursachen zuschrieb, eine Wirkung von
diesen noch nicht seit 200 Jahren erkannten Kräften der
Luft sei. Ich kann das alles den eigentlichen Lehrbü-
chern der Physik überlassen, und werde in meinen nach-
folgenden Erläuterungen hauptsächlich nur meinen Lesern
die Wirkung der Luft auf flüssige Körper verständlich zu
ma-

3) Je mehr die Luft verdünnt wird, desto mehr vermag die Kraft der natürlichen Luft, mit welcher sie in den leeren Raum wieder einzudringen sucht. Es ist also das die Probe einer guten Luftpumpe, daß, wenn sie so weit ausgeleeret ist, als die Maschine es leisten kann, und dann ruhig gelassen wird, in mehrern Tagen keine Luft wieder in dieselbe eindringt, welches man durch ein an derselben angebrachtes Barometer erforscht. Der Raum in der Klocke wird alsdann mit einem besondern Hahn abgeschlossen; aber dazu gehört viel, die Kolben der Pumpe so fest schliessend zu machen, daß nicht bei den lezten Zügen die äussere Luft neben denselben zu der so sehr verdünnten Luft in den Cylinder wieder sich einschleiche, da dann kein Pumpen weiter hilft.

§. 18.

Schweere und Federkraft vereint machen also die Luft zu einem Körper, der mit Macht auf andere körperliche Substanzen wirken kann. Wie stark sie wirke, wenn sie in einer grossen Masse von Einer Gegend in die andere übergeht, erfahren wir in der gewaltsamen Bewegung der Luft, die wir Sturm nennen. Aber die minder gewaltsamen Bewegungen derselben dienen an den Windmühlen als eine mechanische Kraft, die vor andern gewisse entschiedene Vorteile hat. Davon aber und von andern Arten sie anzuwenden habe ich §. 63. meiner Mechanik bereits genug gesagt.

Doch hat die Kunst es mehr in der Macht, den blossen Druck der Luft zu voraus bestimmbaren Wirkungen anzuwenden. Dies tuht sie insonderheit in Wasserkünsten aller Art, sowol den einfachen Pumpen, als den weit mehr zusammengesezten, dergleichen einer, der Potterschen Feuermaschine, ich bereits mehrere male erwähnt habe. Mehr darüber zu sagen, muß ich in eine meinem Zweck gemässe Abhandlung von der Hydraulik versparen. Hier will ich blos noch dasjenige anfügen, was auf eine nähere Schätzung der Luft in deren Drucke leiten kann, aber auch diejenigen Umstände allgemein erläutern, unter welchen dieser Druck durch blosse Einwirkung der Natur sich von Zeit zu Zeit verändert.

Ich vermeide bei dieser blos mechanischen Betrachtung der Kräfte der Luft geflissentlich die Erläuterung aller derer Versuche, welche durch Hülfe genauerer Werkzeuge, insonderheit der Luftpumpe, die verschiedenen Kräfte der Luft und das besondere Merkwürdige in ihrer Art zu wirken anschaulich darstellen, und dem Zweifler die völlige Ueberzeugung geben müssen, daß das, was die Physik der Vorwelt ganz andern dunkel gedachten oder vielmehr blos eingebildeten Ursachen zuschrieb, eine Wirkung von diesen noch nicht seit 200 Jahren erkannten Kräften der Luft sei. Ich kann das alles den eigentlichen Lehrbüchern der Physik überlassen, und werde in meinen nachfolgenden Erläuterungen hauptsächlich nur meinen Lesern die Wirkung der Luft auf flüssige Körper verständlich zu ma-

machen und die mathematischen Gründe zu deren Schätzung anzugeben suchen. Dann wird keiner von diesen mit mir verlegen sein, wenn wir nur recht über die Anwendung hydrostatischer Grundsätze auf einen flüssigen, wie das Wasser schweeren, aber mit einer Federkraft, die dieses nicht hat, versehenen Körper mit einander einverstanden sind.

§. 19.

Ich will zuvörderst wieder zu dem Barometer zurückkehren, und von dem Gebrauch desselben in Absicht auf die Witterung das nötige sagen. Wird es gleich dadurch nicht das nüzlichste derjenigen Werkzeuge, in welchen man die Wirkung der Luft auf andere flüssige Substanzen benuzt, so hat man doch dieselbe an diesem am öftersten und auf eine so bestimmte Art unter Augen, daß man dieselbe an ihm aufs beste beurteilen kann. Was man an dem Barometer beachtet, ist der Stand einer Säule Queckſilber, welche durch ihre Schweere sogleich herabsinkt, wenn die Luft auf sie zu drücken gehindert wird, oder von oben her eben so ungehindert, als von unten auf, drücken kann. Die bestimmte Höhe, bis zu welcher sich das Queckſilber bei ungestörtem Druck der Luft erhält, deutet also auf einen bestimmten Grad der Schweere und der Federkraft der Luft; und eine jede Veränderung in jener auf eine Veränderung in diesem. Da wo die Ursachen, die diesen verändern, minder und seltener wirksam sind, da sind auch jene minder und seltener merklich. Dies zeigt sich

insonderheit in dem Teile der Erde, welcher zwischen den auf den Erdkugeln bezeichneten Wendezirkeln liegt. Der beständige Ostwind, welcher fortdauernd in diesen Gegenden herrscht, hat die Folge, daß die Atmosphäre eine sich fast immer gleiche Masse ausmacht, wenn dagegen die veränderlichen Winde weiter gegen Norden oder Süden hin über eben derselben Gegend bald mehr Luft anhäufen, bald wieder sie vertreiben. Daher hat dort das Barometer einen fast beständig gleichen Stand, nemlich von 27 Pariser Zoll und 11½ Linien, welcher sich höchstens um 2 Linien verändert. In unsern Gegenden aber verändert sich dieser Stand zwischen 26½ und 28⅔ Pariser Zollen, folglich um mehr Zolle, als dort Linien.

Dem zufolge ist das Barometer, (welcher Name eigentlich so viel als Schweermaas bedeutet) ein zuverlässiger Anzeiger von den Veränderungen in der Schweere der Luft, aber auch von nichts mehr, als von diesen. Wahr ist es nun freilich, daß nach hydrostatischen Gründen die von der Erde sich erhebenden Dünste in der schweerern Luft höher steigen, eine gleiche Dunstmasse sich mehr verteilen müsse, und daher ein Zusammenfluß derselben in einen Regentropfen nicht so leicht Statt habe, als in der dünnern und leichtern Luft. Es ist demnach auch wahrscheinlicher bei höherm Stande, daß es nicht regnen, als daß es regnen werde, und wahrscheinlicher bei niedrigem Stande des Barometers, daß es regnen als daß es trocken bleiben werde. Ganz gewiß würde das eine, wie das

andere

andere sein, wenn trocknes und feuchtes Wetter keine andere Ursache ihres Entstehens hätten, als die angezeigte. Aber es sind der Ursachen gar viele, die wir bei weitem noch nicht alle kennen, welche das Aufsteigen der Dünste von der Erde und ihre Vereinigung in der Luft, und welche das Entstehen, Verdicken und Verdünnen der Wolken veranlassen. Es kann also sein, daß in der schweeren Luft sich dennoch eine grössere Menge von Dünsten sammle, und zu Regentropfen vereinige, als bei leichterer und dünnerer Luft. Und wenn dies geschicht, so kann es bei hohem Stande des Barometers regnen, und bei niedrigem Stande dennoch trocken bleiben; das Barometer hat dennoch richtig angezeigt, was es anzeigen soll und kann, wie es um Eine Hauptursache der Witterung, nemlich die Schweere der Luft stehe; aber von allen übrigen auf das Wetter mit einwirkenden Ursachen gibt es uns nichts an. Wenn dann nun durch deren Einwirkung eine Witterung entsteht, welche zu vermuhten das Barometer uns nicht Anlaß gab, so spricht der Unwissende und der Halbwissende, sein Barometer gehe unrichtig.

§. 20.

Weil jedoch die Schweere und Federkraft der Luft immer die wirksamste Ursache der Witterung bleibt, so will ich mit wenigem angeben, wie ein Barometer beschaffen sein müsse, das die Anzeige davon möglichst zuverlässig geben kann. Ich will zugleich die Gründe davon angeben.

1) Der

1) Der Behälter, aus welchem das Queckſilber in die Röhre des Barometers ſteigt und wieder dahinein zurückſinkt, muß eine groſſe Oberfläche haben. Die Urſache davon iſt dieſe: Man kann die Höhe, bis zu welcher das Queckſilber ſich hält, nicht anders, als von deſſen Oberfläche im Behälter ab rechnen. Nun iſt klar, daß dieſe auch ſich hebe, wenn Queckſilber aus der Röhre zurückſinkt und ſich erniedrige, wenn Queckſilber in die Röhre hineinſteigt. Dies iſt nicht abzuwenden und bleibt immer ein Mangel, dem nur ſo völlig abgeholfen werden könnte, wenn man bei jeder Veränderung im Barometer das eigentliche Maaß von dem untern Queckſilber auf genau nähme, oder unten bemerkte, wie weit ſich das Queckſilber dort ſenke oder ſteige, und dieſe Kleinigkeit zu den oben bemerkten Maſſen bald hinzutähte, bald abzöge. Dies aber würde, wenn gleich nicht unmöglich, doch ſehr ermüdend für jeden ſein, der das Barometer gebraucht. Man muß ſich alſo begnügen, dieſen Fehler ſo ſehr zu vermindern, als möglich. Wenn man z. B. den Behälter, der cylindriſch ſein muß, zehnmal ſo weit im Durchmeſſer macht, ſo kann es oben um 1 Zoll ſteigen, und unten ſinkt es nach geometriſchen Gründen nur um $\frac{1}{100}$ Zoll. Bei dem Sinken verhält es ſich umgekehrt.

2) Dabei aber bleibt es doch ſehr zuträglich, die Röhre nicht enge, ſondern weit zu nehmen. Alles Queckſilber reibt und hängt ſich an dem Glaſe. Auch dies kann nicht gehindert werden, aber es wird gemindert,

je weiter die Röhre gewählt wird. Die durch den Druck der Luft in dem Queckſilber bewirkte Bewegung treibt in einer doppelt weiten Röhre nach geometriſchen Gründen eine viermal gröſſere Maſſe Queckſilber zum Steigen oder läßt ſie ſinken. Aber die innere Peripherie der Röhre bleibt bei doppeltem Diameter auch nur doppelt ſo ſtark, folglich wird die viermal gröſſere Maſſe nur doppelt ſo ſtark durch das Reiben und Anhängen gehindert.

3) Eben dieſes Reibens und Anhängens wegen muß die Röhre ſo wenige oder ſo weite Krümmungen haben, als möglich; am beſten, wenn ſie gar keine hat, und die ganz gerade Röhre in den Behälter, aus welchem das Queckſilber ſteiget, ſenkrecht eingeſezt iſt. Die vielen Erfindungen, durch welche man dem Queckſilber einen gröſſern Raum zu verſchaffen ſucht, in welchem es ſich hin und her bewegen kann, und die Veränderungen ſo viel merklicher werden ſollen, können nicht als wirkliche Verbeſſerungen angeſehen werden, inſonderheit deswegen nicht, weil bei dieſen Künſteleien die Röhren mehr und öfter gebogen und enger gewählt werden müſſen, folglich das Reiben unvermeidlich gemehrt und die Bewegung des Queckſilbers minder frei wird.

§. 21.

Die Luft iſt Veränderungen unterworfen, welche mit deren Schweere mehr oder weniger im Zuſammenhange ſind. Man hat, um jede derſelben zu erforſchen und mathe-

mathematisch zu schätzen, besondere Werkzeuge erfunden, von deren einigen ich eine kurze Darstellung geben will.

Den ersten Ort nimmt billig das **Thermometer oder Wärmemaas** ein, welches auch mit den Barometern gewöhnlich auf Einer Tafel befestigt verkauft wird. Es sind deren eine Menge, die sich durch die Namen ihrer Erfinder unterscheiden, alle aber einerlei natürliche Erfahrung zum Grunde haben, nemlich diese: Die wasserartigen flüssigen Körper, so wenig sie alle sich zusammendrücken lassen, dehnen sich doch alle durch den Eintritt der Feuerteilchen aus, und ziehen sich in einen engern Raum bei deren Entweichung zusammen. Doch verändert sich bei dem völligen Gefrieren derselben dies wieder, so, daß sie einen grössern Raum einnehmen. Diese Ausdehnung durch die Wärme läßt sich noch nicht bemerken, wenn man eine solche Wassermasse in einem grossen Gefässe beisammen hält, wenn es gleich wahr ist, daß Wasser oder Wein in dem Halse einer Flasche etwas höher stehen müssen, wenn sie warm, als wenn sie kalt sind. Das Mittel also, dies recht bemerklich zu machen, ist, wenn man eine kleine Masse solcher Flüssigkeiten in einem gläsernen Behälter beschließt und diesem eine zarte Röhre anfügt, in welcher dieselbe ihren Raum suchen muß, wenn die Wärme sie ausdehnt. Wasser kann nicht dazu gewählt werden, weil es bei mässiger Kälte gefriert, nach einer nicht bekannten Regel sich alsdann ausdehnt und sein Gefäß zersprengt. Man nimmt also Weingeist dazu, der zur bes-

sern

sern Bemerkung gefürbt wird. Doch ist das Queckſil-
ber noch brauchbarer aus Urſachen, die ich bald ange-
ben werde.

Es ist klar, daß man alsdann sehr zuverlässig die Veränderungen in der Wärme aus den Veränderungen in der Ausdehnung dieſer Flüſſigkeiten beurteilen würde, wenn man wissen könnte, wie der Raum, um welchen sich dieſelbe ausgedehnt hat, gegen den Raum der Kugel sich verhalte, aus welchem dieſelbe in die Röhre steigt. Könnte man z. B. angeben, wie viel Hundert- oder Tauſendteile die Höhlung der Röhre von der Hölung der Kugel betrage, und sähe dann, daß das Queckſilber, das an einem kalten Tage auf 10 dieſer Teile stand, an einem wärmern Tage auf andere 10, und an einem noch wärmern Tage auf deren 30 gestiegen sei, so wäre ein solches Wärmemaas vollkommen. Aber dieſe Vergleichung des Raums in der Kugeln und der Röhre hat auch für die feinste Geometrie unüberwindliche Schwierigkeiten. Dieſen auszuweichen, hat die Erfahrung folgenden Weg gelehrt. Man hat bemerkt, 1) daß ein gegewiſſer unveränderlicher Grad der Kälte das Waſſer gefrieren mache; 2) daß das Waſſer bei einem Grade der Wärme, welcher, wenigstens unter einem noch zu bemerkenden Umstande, unveränderlich ist, zum Sieden gebracht werde; 3) ein anderer viel grösſerer aber eben so beſtimmter Grad der Wärme iſt es, in welchem das Oel ſiedet. 4) Man kann die natürliche Kälte sehr verſtärken, wenn man Schnee mit Salmiak miſcht, als-

alsdann aber bleibt dieser Grad auch sehr bestimmt; 5) man hat noch viele andere ziemlich genau bestimmbare Stuffen der Wärme bemerkt, z. E. die der Wärme des menschlichen Blutes, oder der Wärme eines gesunden Menschen in der Achselgrube, die der Wärme einer brütenden Henne, u. dgl. mehr. Doch werden in der Verfertigung der Thermometer nur die bemerkten vier Grade auf folgende Art benuzt: Man stellt das schon gefüllte Thermometer in Wasser genau dann, wenn es so eben gefriert, oder noch besser in Schnee bei noch währendem Froste, und bemerkt den Punct, bei welchen sich das Queckſilber hält. Eben so hält man es in siedendem Wasser bei einer Barometerhöhe von 28 Pariser Zoll. Ist das Instrument bestimmt, um grössere Grade der Wärme zu bemerken, so bringt man es auch in kochendes Oel, dann stellt man es auch in Schnee mit Salmiak gemischt, und bemerkt alle vier Puncte, bei welchen das Queckſilber unter diesen verschiedenen Umständen sich hält. Genaue Untersuchungen und Messungen haben bewiesen, daß, wenn die Röhre inwendig durchaus gleich weit ist, und man dann den Raum zwischen dem Punct des Gefrierens und des siedenden Wassers in 80 Teile einteilt, dasselbe bis zum Punct des siedenden Oels um 212 solcher Teile steige, und bis zum Punct der künstlichen Kälte durch Salmiak unter den Gefrierpunct um $13\frac{3}{4}$ Grade sinke.

Weil man aber nicht darauf rechnen kann, daß eine solche Röhre inwendig gleich weit sei, so sucht man auf

fol-

folgende Art davon sich gewiß zu machen, daß sie bei ungleicher Weite einen gleichen Raum enthalte. Man läßt einen Tropfen Queckſilber in die enge Röhre einlaufen, und bemerkt den Raum, den derſelbe der Länge nach einnimmt. Dieſer ſei z. B. 1 Zoll: nun läßt man den Tropfen weiter laufen. Er nehme nun mehr oder weniger als dieſen Zoll ein, ſo iſt der körperliche Raum, den er ausfüllt, eben derſelbe. Dann aber muß die Einteilung dieſes Stücks der Röhre gröſſer oder kleiner gemacht werden. Ohne dieſes Verfahren kann kein Thermometer richtig ſein. Denn es kömmt bei Schätzung der Wärme blos auf eine genaue Schätzung des gröſſern oder kleinern Raums, nicht des gleich langen an, um welchen das Queckſilber in der Röhre ſich ausdehnt.

Wenn man die Kugel eines Thermometers plözlich mit einem in ſiedendes Waſſer getauchten Tuche berührt, ſo wird das Queckſilber, anſtatt zu ſteigen, anfangs ein wenig fallen. Dies rührt daher, weil auch das Glas der Kugel ſich eben ſo gut als das Queckſilber durch die Wärme ausdehnt. Nun dringt dieſe Hitze früher in das Glas, als in das Queckſilber. Dieſes bekömmt alſo dadurch einen gröſſern Raum, und ſinkt anfangs in die Kugel zurück, ehe es ſich genugſam ausdehnen kann, um in die Röhre zu dringen. Es iſt klar, daß dies eine Unrichtigkeit in dem Urteil über die Wärme veranlaßt, und daß die Ausdehnung des Queckſilbers durch die Wärme ſich nicht ganz in der Röhre zeigen kann, weil es auch in

der

Kugel mehr Raum bekömmt. Bei der Kälte verhält es sich umgekehrt. Da zieht sich die Kugel zusammen, und preßt das Queckſilber in die Röhre, in welcher ſich dann die durch Kälte verurſachte Zuſammenziehung des Queckſilbers nicht ganz zeigen kann.

Es gibt zwei Wege, dieſe Schwierigkeit, wo nicht zu heben, doch zu mindern. Einer iſt, wenn man die Kugel ſo formt, daß ein groſſer Teil ihrer Oberfläche hinter einwärts gedruckt iſt; denn ſo dehnt dieſer Teil ſich bei der Wärme hineinwärts, und nimmt dem Queckſilber einen Teil des Raums, welchen es durch Ausdehnung des andern Teils der Oberfläche gewinnt. Bei der Kälte geht es ebenfalls umgekehrt. Doch bringt dieſe Figur andere Unrichtigkeiten in den Gang des Wärmemeſſers.

Ein anderer Weg iſt dieſer: Man nimmt die Kugel äuſſerſt klein, aber auch eine deſto zartere Röhre dazu. Denn eine groſſe Oberfläche dehnt ſich mehr im Verhältnis zu dem innern Raum, eine kleine weniger aus.

§. 22.

Ein mit Anwendung aller dieſer Vorſicht verfertigtes Thermometer iſt das möglich vollkommenſte, und darin findet ſich unter allen gut gemachten Thermometern kein Unterſchied. Indeſſen kennt man wenigſtens zwanzig verſchiedene Benennungen der Thermometer, aus denen ich nur die zwei bekannteſten hieher ſetzen will, nemlich: das

folgende Art davon sich gewiß zu machen, daß sie bei ungleicher Weite einen gleichen Raum enthalte. Man läßt einen Tropfen Queckſilber in die enge Röhre einlaufen, und bemerkt den Raum, den derſelbe der Länge nach einnimmt. Dieſer ſei z. B. 1 Zoll: nun läßt man den Tropfen weiter laufen. Er nehme nun mehr oder weniger als dieſen Zoll ein, ſo iſt der körperliche Raum, den er ausfüllt, eben derſelbe. Dann aber muß die Einteilung dieſes Stücks der Röhre gröſſer oder kleiner gemacht werden. Ohne dieſes Verfahren kann kein Thermometer richtig ſein. Denn es kömmt bei Schätzung der Wärme blos auf eine genaue Schätzung des gröſſern oder kleinern Raums, nicht des gleich langen an, um welchen das Queckſilber in der Röhre ſich ausdehnt.

Wenn man die Kugel eines Thermometers plözlich mit einem in ſiedendes Waſſer getauchten Tuche berührt, ſo wird das Queckſilber, anſtatt zu ſteigen, anfangs ein wenig fallen. Dies rührt daher, weil auch das Glas der Kugel ſich eben ſo gut als das Queckſilber durch die Wärme ausdehnt. Nun dringt dieſe Hitze früher in das Glas, als in das Queckſilber. Dieſes bekömmt alſo dadurch einen gröſſern Raum, und ſinkt anfangs in die Kugel zurück, ehe es ſich genugſam ausdehnen kann, um in die Röhre zu dringen. Es iſt klar, daß dies eine Unrichtigkeit in dem Urteil über die Wärme veranlaßt, und daß die Ausdehnung des Queckſilbers durch die Wärme ſich nicht ganz in der Röhre zeigen kann, weil es auch in

der

Kugel mehr Raum bekömmt. Bei der Kälte verhält es sich umgekehrt. Da zieht sich die Kugel zusammen, und preßt das Queckſilber in die Röhre, in welcher ſich dann die durch Kälte verurſachte Zuſammenziehung des Queckſilbers nicht ganz zeigen kann.

Es gibt zwei Wege, dieſe Schwierigkeit, wo nicht zu heben, doch zu mindern. Einer iſt, wenn man die Kugel ſo formt, daß ein groſſer Teil ihrer Oberfläche hinter einwärts gedruckt iſt; denn ſo dehnt dieſer Teil ſich bei der Wärme hineinwärts, und nimmt dem Queckſilber einen Teil des Raums, welchen es durch Ausdehnung des andern Teils der Oberfläche gewinnt. Bei der Kälte geht es ebenfalls umgekehrt. Doch bringt dieſe Figur andere Unrichtigkeiten in den Gang des Wärmemeſſers.

Ein anderer Weg iſt dieſer: Man nimmt die Kugel äuſſerſt klein, aber auch eine deſto zartere Röhre dazu. Denn eine groſſe Oberfläche dehnt ſich mehr im Verhältnis zu dem innern Raum, eine kleine weniger aus.

§. 22.

Ein mit Anwendung aller dieſer Vorſicht verfertigtes Thermometer iſt das möglich vollkommenſte, und darin findet ſich unter allen gut gemachten Thermometern kein Unterſchied. Indeſſen kennt man wenigſtens zwanzig verſchiedene Benennungen der Thermometer, aus denen ich nur die zwei bekannteſten hieher ſetzen will, nemlich: das

Reaumurische und das Fahrenheitische. Der Unterschied unter denselben liegt blos in der verschiedenen Art, sie zu graduiren, d. i. die Maassen in ihnen einzuteilen, und in der verschiedenen Bestimmung derer Punkte, von welchen man zu zählen anfängt. Reaumür fängt bei dem Punct zu zählen an, bei welchem sich das Queckſilber im Schnee oder im gefrierenden Wasser hält, und teilt von diesem Punkt bis zu dem des siedenden Wassers die Röhre in 80 Teile. Dem zufolge fällt der Punkt des siedenden Oels auf $166\frac{2}{3}$ Teile, wenn man es darauf einrichtet, welches Reaumür selbst nie getahn, auch seine Thermometer nicht mit Queckſilber gefüllt hat. Dann fällt auch die künstliche Kälte durch Salmiak auf $14\frac{2}{5}$ Grad. Fahrenheit aber, welcher zuerst seine Thermometer mit Queckſilber füllte, fängt bei diesem leztern Punkt zu zählen an, und dann teilt er den Teil der Röhre zwischen diesem und dem Gefrierpunkte in 32 Grade. Der Punkt des siedenden Wassers steht alsdann auf 212 und der des siedenden Oels auf 600. Fahrenheits Grund, warum er von der künstlichen Kälte an rechnete, war der, weil dieser sich zuverlässiger bestimmen läßt, als der Grad, in welchem das Wasser gefriert. Alles gilt ihm also für Wärme, was über diese jedem tierischen Körper äusserst empfindliche Kälte geht. Es ist aber natürlicher, die Kälte, mit welcher das Wasser zu einem festen Körper wird, schon als eigentliche Kälte, und was darüber ist, als Wärme anzusehen. Jene grosse Kälte zieht schon manchem tierischen Körper den Tod zu: allein die Erfahrungen sind

häufig

häufig und bekannt, daß ein für erfroren geachteter Körper im Schnee begraben wieder zum Leben gekommen ist. Wer die Ursache davon begreifen will, der stelle ein solches Thermometer bei einem grossen Grade der Luftkälte in gefrierendes Wasser oder noch besser in Schnee. Er wird sogleich das Quecksilber bis zu dem Gefrierpunkt steigen sehen, und auf diesem wird es sich halten, die Luftkälte mag so sehr zunehmen als sie will. Es wird also ein in einer Luftkälte von 5 — 15° nach Reaumur erfrorner Mensch, wenn er im Schnee begraben wird, wirklich bis zu einem Grade wieder erwärmt, in welchem das tierische Leben überhaupt noch keine Gefahr läuft, und die durch starken Frost in Stocken gebrachte Circulation des Bluts wieder aufs neue anfangen kann. Reaumurs Einteilung ist also die natürlichste und die beliebteste, wiewol de Luc aus guten Gründen seine Einteilung noch schärfer berichtigt hat. Ueberhaupt lassen sich 71 verschiedene Einrichtungen der Thermometer zählen. M. s. van Swiden sur la Comparaison der Thermometer Amsterd. 778. 8.

Ich habe schon oben einen Wink gegeben, daß der Punkt des siedenden Wassers bei einer Barometerhöhe von 28 Pariser Zoll bestimmt werden müsse. Die Ursache ist, weil das Wasser leichter aufsiedet, wenn eine dünnere, als wenn eine schweerere Luft über der Oberfläche derselben sich befindet. Man ist also übereingekommen, einen mittlern Grad der Schweere der Luft zu wählen, auf

welchen man nicht viele Tage warten darf, wenn man ein neues Thermometer graduiren will.

Es ist nicht überflüssig, hiebei anzumerken, daß es bei diesem Versuche gar nicht darauf ankomme, ob viel oder wenig Feuer das Wasser zum Kochen bringe. Denn wenn es einmal recht siedet, das ist, wenn die Blasen von dem Boden des Gefässes herauf wallen, so schaft die stärkste Vermehrung des untergelegten Feuers nichts mehr, als daß die Blasen schneller zur Oberfläche kommen, schneller bersten, und sich in heisse Dünste auflösen. Ist aber die Oberfläche des siedenden Wassers nicht unmittelbar von Luft, sondern mit einer andern nicht so schnell siedenden flüssigen Substanz z. B. Oel, Fett, Wachs, bedeckt, so nimmt es einen vielgrössern Grad der Hitze an, nud ein durch dieselben in das Wasser gestossenes Thermometer steigt viel höher. Eben so hält es schweerer mit dem Sieden, und es gehört ein beträchtlich grösserer Grad von Hitze dazu, wenn die Luft schweerer auf dessen Oberfläche drückt.

§. 24.

Es gibt noch andere Werkzeuge, durch welche man die Veränderungen in der Wärme der Luft beurteilen kann, doch ohne sie so genau zu schätzen, als dies an dem schon beschriebenen Thermometer geschehen kann.

Das erste derselben ist ein etwas weiter gläserner Cylinder mit Weingeist gefüllt. Kleine hole gläserne Kugeln

Kugeln mit soliden Stielen schwimmen in demselben. Durch diese Stiele, und daran geblasene Klümpchen Glas wird diesen Kugeln eine Schweere gegeben, die so weit verschieden ist, daß nach der Ausdehnung des Weingeistes durch die Wärme die schweereren sinken, und die leichtesten endlich auch nachfolgen, wenn derselbe sehr stark erwärmt wird. Bei der Kälte steigen sie dann nach einander in die Höhe, und ein hoher Grad der Kälte hebt auch die schweersten zum Schwimmen. Man sieht leicht ein, daß es von der Kunst der Barometermacher, welche dieselben verkaufen, nicht zu erwarten, wiewol an sich nicht unmöglich ist, diese Kügelchen nach gewissen Graden der Schweere zu proportioniren, daß man die Grade der Kälte und Wärme, bei welchen sie steigen oder sinken, daraus genau beurteilen könnte. Ich würde auch dieses Werkzeuges nicht erwähnen, wenn es nicht zu einem in gewisser Absicht interessanten hydrostatischen Versuche diente. Man sieht hier nemlich Körper, die den Umständen nach eine dem Fluidum, worin sie schwimmen, ganz gleiche Schweere haben, uud denen in diesem Zustande ein jeder Ort unter der Oberfläche des Fluidums gleichgültig ist, welches die Kunst sonst nicht leicht zu Wege bringen kann, es möchte denn mit den Englischen Glaskugeln zum Probieren der gebrannten Wasser sein.

Das andere ist das sogenannte Drebbelsche Thermometer, eigentlich das ursprüngliche und zuerst erfundene.

Die-

Dieses besteht aus einer gläsernen Kugel mit einer daran gefügten langen dünnen Röhre, die am Ende offen ist. (Fig. * nach Fig. 21.) Man läßt in der Kugel eine bis zu gewissem Grade durch Wärme verdünnte Luft, stellt die lange Röhren in ein Gefäß mit einem gefärbten Wasser, das aber durch Zumischung von Königswasser zu gefrieren gehindert wird. Wenn nun die Luft in der Kugel bei der Kälte sich zusammenzieht, so preßt die äussere Luft das gefärbte Wasser in die Röhre, und wann die beschlossene Luft sich erwärmt, so sinkt dasselbe wieder. Die Röhre hat ein eingeteiltes Maas neben sich, und man kann dan freilich daran Grade der Wärme und Kälte zu zählen sich einbilden, zumal wenn man diese Grade durch Vergleichung mit einem gewöhnlichen richtigen Thermometer bestimmt. Drebbel ein Holländer, erfand dasselbe, und es würde einen Vorzug dadurch haben, daß man ein weit grössers Maas der Veränderungen der Wärme, an welchem sich dieselben viel schneller zeigen, daran haben könnte, wenn nicht die Schweere der Luft durch ihren Druck auf das Wasser in dem untergesezten Gefäß wirkte, und es steigen und fallen machte, so daß demzufolge man nicht ohne das Barometer zu Rathe zu nehmen gewiß sein kann, ob die Veränderungen in der langen Röhre mehr von Veränderungen in der Schweere der Luft als denen in der Wärme herrüren.

Aber eben das leitet mich auf einen wichtigen Umstand, der in der Kenntnis der Kräfte der Luft nicht übersehen werden darf.

§. 24.

§. 24.

Es ist dieser: Ich habe oben §. 5 des Versuchs erwähnt, durch welchen die Schweere der in einer Kugel von bestimmtem Durchmesser eingeschlossenen Luft genau abgewogen werden kann. Diese Luft aber verändert ihre Dichtigkeit auch durch die Wärme. Sie wird merklich weniger wiegen, wenn man den Versuch bei sehr warmer und mehr, wenn man ihn bei sehr kalter Witterung anstellt. Nun möchte man glauben, die dünnere und in sich leichtere Luft werde auf das Barometer weniger wirken, als die in sich schwerere Luft, und dem zufolge in kalter Jahrszeit das Barometer durchgehends höher stehen, als es je in heissen Sommertagen stehen kann. Aber das zeigt sich nicht: und warum nicht? Man erinnere sich, daß es die Schweere der ganzen Atmosphaere ist, welche auf das Barometer wirkt. So lange eine gleiche Masse Luft über eben der Gegend sich enthält, kann an derselben sich nichts verändern. Die Erwärmung der Luft allein treibt sie nicht von der Gegend weg, sondern macht nur, daß die unten elastischer gewordne Luft gegen die öbere aufwärts drückt. Man erinnre sich auch, daß die Luftwärme, in welcher wir leben, und unsere Versuche mit diesen Werkzeugen machen, nicht die Wärme der ganzen Atmosphäre, sondern daß diese in der Entfernung der höchsten Berge auch im Sommer so kalt sei, daß sie einen ewigen Schnee auf denselben liegen lassen muß. Nun kömmt es noch immer darauf

an,

an, welch eine Luftmasse von den äussersten Grenzen der Atmosphäre herab auf die untere wärmere oder kältere Luft drükke. Ist sie warm, so trägt sie mit ihrer durch diese Wärme vermehrten Federkraft ungeachtet ihrer Verdünnung den Druk der höhern Atmosphäre auf eben die Art, und setzt ihr eben den Widerstand entgegen, wirkt aber auch auf Körper, die einen Raum über oder neben sich haben, noch mit eben der Kraft, mit welcher sie z. B. am kühlen Morgen eben dieses Tages wirkte, da sie kälter, dichter und in sich schweerer, aber deswegen nicht elastischer war. Man beachte diese Gründe, von welchen ich bald zur Erklärung der Luftschiffahrt Gebrauch machen werde. Will man indessen von diesen Veränderungen in der Dichtigkeit und eigentühmlichen Schweere der Luft sich durch einzelne oder anhaltende Erfahrungen belehren, so sind auch dazu Werkzeuge erfunden, die man **Manometer** nennt. (Die Benennung ist von einem Griechischen Worte: manos, genommen, welches dünne, undicht bedeutet:) **Guerike**, der Erfinder der Luftpumpe gab schon ein solches an, nemlich eine Kugel von dünnem Kupfer, aber möglichst grossem Diameter. Wenn man aus dieser die Luft durch die Wärme fast ganz herausgetrieben hat, sie an einen fein gearbeiteten Wagebalken hängt, und mit einem Gewichte an dem andern Arm der Wage ins Gleichgewicht stellt, so ist es klar, daß diese Kugel, wenn eine in ihrem natürlichen Zustande minder dichte Luft sie umgiebt, sinken, und in einer schweerer gewordenen steigen werde. Man kann alsdann durch

kleine

kleine im ersten Fall auf die Waagschale, im andern auf die Kugel gelegte Gewichte, durch welche der Wagebalken wieder wagrecht gestellt wird, sehr genau die Grade dieser Veränderungen angeben. Was jedoch diesen Versuch etwas unsicher macht, ist, daß die Kugel selbst den Veränderungen der Wärme und Kälte unterworfen ist. Wenn daher die äussere Luft warm und dadurch minder dicht wird, die Kugel aber sich ausdehnt und einen grössern Raum einnimmt, so wird sie der lezten Ursache wegen steigen aber weniger sinken, als sie nach der ersten Ursache tuhn sollte, weil sie bei grösserem Raum mehr von ihrem Gewicht in der Luft verliert. Bei kalter und dichter Luft wird sie der mindern Ausdehnung wegen sinken, indem die Schweere der Luft sie steigen macht.

Man hat andere Manometer von Glas, in welchem die in einer gläsernen Kugel beschlossene Luft einen in einer langen daran gehefteten Röhre befindlichen Tropfen Quekksilber forttreibt, wenn die äussere Luft minder dicht wird, und ihm erlauben muß wieder zurükzugehen, wenn diese dichter wird. Dies kömmt mit dem oben beschriebenen Drebelschen Thermometer überein, und man sieht leicht, daß diese Bewegung des Queckſilbertropfens nicht von der Einen Veränderung allein, die man an ihm beobachten will, nemlich der Dichtigkeit der äussern Luft, sondern auch von zwei andern, nemlich der Wärme und der Schweere derselben abhängt.

§. 25.

Man hat noch andre Werkzeuge, um andre Veränderungen in der Beschaffenheit der Luft und deren Resultate

tate zu untersuchen, nemlich Hygrometer oder Maassen der Feuchtigkeit der Luft, und Eudiometer, oder Maassen der mehrern oder mindern Reinheit und Heiterkeit der Luft. Es würde mich aber zu weit führen, wenn ich diese alle, die Kunst, mit welcher sie verfertigt werden müssen, und ihre mehrere oder mindere Zuverlässigkeit beschreiben wollte. Denn durch diese Werkzeuge mißt man nur zufällige Beschaffenheiten der Luft, nicht Kräfte, die ein Gegenstand mechanischer Betrachtung wären. In letzter Absicht hätte ich jedoch Ursache, von den Windmessern etwas zu sagen. Ich begnüge mich aber, auf Herrn Wohltmans eben jezt im Druk gegebene Schrift. Theorie und Gebrauch des Hydrometischen Flügels, oder eine zuverlässige Methode, die Geschwindigkeit der Winde und strömender Gewässer zu beobachten ꝛc zu verweisen, dessen neu erfundener Windmesser unstreitig in der Richtigkeit der Bewegung und Richtigkeit des daran sich bestimmenden Maasses allen bisher erfundenen weit vorgeht.

§. 26.

Das wenige, was ich von den Erfodernissen der drei beschriebenen Werkzeuge gesagt habe, wird Lesern, die noch nicht mit diesen Dingen bekannt waren, einleuchtend machen, wie viele Umstände in den damit gemachten Wahrnehmungen, noch mehr aber in Verfertigung dieser Werkzeuge zu beachten sind, wie von den verschiedenen in der Luft befindlichen und so sehr veränderlichen Kräften teils eine mit der andern, teils mehrere einander entgegenwirken, insonderheit deswegen, weil

die

die Luft nicht in allen Fällen durch Elasticität und Schweere vereint, sondern auch in manchen durch die Schweere allein nach reinen Hydrostatischen Grundsätzen wirkt.

Es ist eine Frage, die man wol oft im Scherz aufwirft, die aber einer ganz ernsthaften Beantwortung fähig ist, ob ein Pfund Federn, oder ob ein Pfund Blei leichter sei. Ernsthaft genommen fällt die Antwort wider das Blei aus. Denn das Blei verliert, in der Luft gewogen, an seiner reinen Schweere das Gewicht der Luft, die es aus ihrer Stellt treibt. Das thut das Pfund Federn auch. Aber es verliert mehr an seinem Gewichte, als das Blei, weil es eine ungleich grössere Masse Luft aus der Stelle treibt, folglich, wenn es dem Blei das Gleichgewicht halten soll, mehr körperliche Masse an Federn erfodert wird, um diesen durch die Luft verursachten grössern Abgang zu ersetzen, als körperliche Masse in dem Pfunde Blei beisammen ist. Ueberhaupt erfahren wir das Gewicht verschiedener Körper nimmer in genau richtigen Verhältnissen, wenn wir sie in der Luft gegen einander abwägen. Der Unterschied ist bei grossen Massen nicht ganz unbeträchtlich. Man nehme z. B. eine Waare an, von welcher ein Pariser Cubicfuß 100 ℔ wiegt. Diesem Cubicfusse geht an seinem Gewichte ungefähr $1\frac{1}{2}$ Unze ab: denn so viel wiegt ein Cubicfuß Luft. Nun nehme man eine andre Waare an, von welcher 8 Cubicfuß 100 ℔ wägen. Dieser gehen 12 Unzen von ihrem Gewichte, d. i. $\frac{3}{4}$ ℔ ab. Auf der Waage scheinen sie einander gleich zu wägen. Jene Waare aber wiegt wirklich 100 ℔ und $\frac{1}{2}$ Unzen und diese $100\frac{3}{4}$ Pfunde.

§. 28.

§. 27.

Ueberhaupt kann ich hier mein Urteil über den Nutzen derer Beobachtungen nicht bergen, welche in unsern Zeiten mit so mannigfaltigen Werkzeugen über die täglichen Veränderungen der Luft angestellt werden. Es ist gut, daß diese Werkzeuge da sind; es ist auch gut, daß einige Männer sich mit jenen Untersuchungen beschäftigen, und in der Tahr verdanken wir einigen derselben wichtige Resultate, die ihnen daraus entstanden sind. Aber in diesem Buche, welches hauptsächlich für Leser bestimmt ist, die sich auch andern nüzlichen Geschäften, als den Wissenschaften und insbesondere der genauen Untersuchung der Natur, widmen, kann ich nicht umhin, sie zu warnen, daß sie sich vor diesem Gefallen an täglichen Untersuchungen der Beschaffenheit der Luft hüten mögen, auch wenn sie die besten Werkzeuge dazu besitzen oder sie anzuschaffen, im Stande sind. Wer nicht wahren Beobachtungsgeist besizt, oder im Beobachten sich erwirbt, der wird durch die täglichen Bemerkungen, wie hoch das Barometer gestanden, wie warm, oder wie feucht, oder wie dünne oder wie heiter die Luft gewesen sei, oder wie stark der Wind geweht habe, nichts lernen, nichts zur Belehrung anderer angeben können, als: So war es an diesem Tage; so war es an einem andern. Wenn er nun sieht, wie mannigfaltig diese Veränderungen sind, wie wenig Uebereinstimmung sich in denselben zeige, so wird er in seinem Urteile über deren Verbindung irre werden,

wird in der Begierde, dennoch aus seinen Beobachtungen Resultate zu ziehen, auf solche Resultate geraten, und um so viel mehr von den wahren Resultaten, in so weit sie möglich sind, abgeleitet werden. Es giebt in keiner Sache so wunderbare und so verschiedene Meinungen, die zum Teil auch sehr allgemein verbreitet sind, als die, welche ich so oft von der Witterung höre, daß ich aufrichtig gestehen muß, es giebt nur wenig Menschen, mit denen ich vom Wetter reden mag. Z. B. längst der Elbe, so weit die Fluht geht, hört man im Sommer fast immer sprechen, daß die Gewiter mit der Fluht kommen. Wenn dies ein Einwohner an der Mündung der Elbe sagt, so lasse ich es gelten, daß die Fluht der See und die Ankunft eines Gewitters mit einander in einiger Verbindung stehen können. Aber das Fortrükken der Fluht in der Elbe, welches von zwei zu zwei Meilen eine andere Stunde hält, ist eine zu kleine Wirkung der Natur, als daß ich bei näherer Ueberlegung die geringste Verbindung derselben mit einer so grossen Veränderung in der Atmosphäre, als die Entstehung eines Gewitters ist, annehmen möchte. Wie allgemein ist nicht das Vorurteil vom Einfluß des Mondes auf die Witterung! Man vergißt dabei, daß es Perioden von 6, ja 8 Wochen gebe, in welchen die Witterung sich immer gleich bleibt, ungeachtet in derselben 3 bis 4 Mondwandelungen einfallen. So oft aber das Wetter sich ändert, es sei zum Guten oder zum Bösen, so weiß man es immer auf den Mond zu rechnen. Denn kömmt es drei Tage früher, so nimt

man

man an, die Mondwandlung wirke voraus, und kömmt es so viel Tage später, sie wirke hintennach. Wer nun also auch den Monds-Vierteln eine Kraft das Wetter zu verändern zutraut, der hat in einer ganzen Mondsperiode nur etwan 4 Tage, an welchen er nichts auf die Rechnung des Mondes bringen kann.

Man möchte es noch für wahrscheinlich halten, daß, wenn Mond und Sonne einerlei Stand gegen die Erde haben, welches alle 19 Jahre Statt hat, sie durch ihre vereinte Wirkung eine ähnliche Witterung hervorbringen. Aber auch das hat nicht allemal Statt. Im Winter des Jahrs 1759 foderte mich der damals sehr bekannte Meteorolog Werenberg auf, in drei Tagen, die er mir auszeichnete, das Barometer zu bemerken, an deren einem dasselbe ausserordentlich hoch, an dem andern äusserst niedrig stehen, und an dem dritten seinen Stand sehr schnell verändern würde. Der Grund seiner Erwartung war, weil es an eben diesen Tagen des Jahres 1740 eben so ergangen wäre. Ich taht es; aber nichts von allem traf zu, wie denn überhaupt der Winter 1759 so gelinde einfiel, als er 1740 hart gewesen war. Werenberg, der seine Erwartung in einer kleinen Schrift zum voraus verkündigt hatte, sprach nachher nichts mit mir über den schlechten Ausfall derselben, suchte aber in einer zweiten Schrift darzutuhn, wie fest seine Hypothese dennoch bestünde, und daß diesmal nur Nebenursachen den Gang der Natur gestört hätten.

Abet

Aber eben dies ist es, daß zu denjenigen Ursachen, welchen man das meiste zuschreiben, und in Ansehung deren man noch vorauszusagen wagen möchte, wie sie auf das Wetter wirken werden, sich so ungemein viele Nebenursachen fügen, von denen man nimmer zum voraus weiß, ob und wie sie wirken werden. Wenn ein geschikter Chemiker mit einem Proceß umgeht, so weiß er, daß derselbe anders und wieder anders ausfallen werde, je nachdem er die Ingredienzen und deren Maas oder Gewicht dazuwählt. Wenn er dann einen solchen Proceß wiederhohlt, so weiß er zum voraus, wie er ausfallen werde, wenn er genau dieselben Ingredienzen in gleichem Maas oder Gewicht anwendet, und auch in der Zeit und Ordnung von deren Einmischung nichts ändert. Das Wetter ist wie das Resultat eines grossen chemischen Processes anzusehen, in welchem die Natur eine unbestimbare Mannigfaltigkeit von Ingredienzen anwendet, und in deren Quantität und Ordnung der Mischung ins Unendliche abwechselt. Welcher Sterbliche kann nun voraus sagen, wie diese Processe der Natur ablaufen, und wie sie sich einander folgen werden? alles was man dabei tuhn kann, ist dieses: Die gewöhnliche Folge dieser Processe sich durch die Erfahrung zu bemerken, und insonderheit die Gestalt des Himmals zu beobachten, um dadurch zu einem Urteile zu gelangen, wie es einstweilig mit der Witterung stehe, und daraus auf einzelne Tage voraus Muthmassungen zu schöpfen, welchen Gang die Natur vielleicht weiter nehmen möchte.

Die Gestalt der Wolken gibt vieles zu Wetterprophezeihungen an, doch nur für die nächsten Tage, und noch immer ist grosse Ungewißheit darin. Denn nicht alles, was uns als Wolke erscheint, ist eine Masse von Dünsten, die an dem Ort, wo sie sich befindet, oder die Luft schwärzer aussieht, dichter beisammen wären, als da, wo man den blauen Himmel sieht. Es mischt sich ungemein vieles in die Erscheinung der Gewölke, was blos optisch ist. Ich habe viele Erfahrungen darüber gemacht, und die überzeugendste von allen bei dem ersten Durchgang der Venus im Jahr 1760. Ich mag sie hier nicht wiederholen, sondern werde meine Leser in Ansehung dieses und anderer das Wetter betreffenden Gegenstände auf meine Abhandlung über die Witterung in dem zweiten Bande meiner **vermischten Abhandlungen**, Hamb. 1777, 78, verweisen dürfen. Spätere Bemerkungen enthält meine Abhandlung über die Witterung in dem diesjährigen kleinen Altonaischen Almanach.

Es kömmt mir mit dem zu weit getriebenen Studium der Meteorologie, wie mit der Alchemie vor. Der Meteorolog, wie der Alchemist, sucht vergebens nach Resultaten, zu welchen er nimmer so gelangen wird, wie er sich dieselben zum voraus denkt. Der auf diese Art zu lange beschäftigte Verstand leidet wirklich dabei. Ich könnte mehr als Ein Exempel von Gelehrten anführen, deren frühere Beschäftigungen ihnen selbst Ruhm und der Welt Nutzen schaften, die aber wenig brauchbares mehr leisteten, nachdem sie gar zu ernsthaft mit der Meteorologie sich zu beschäftigen anfiengen.

§. 29.

Meine Abhandluug würde unvollständig scheinen, wenn ich zu einer Zeit, da ganz Europa die Kunst der Luftschiffahrt zur Wirklichkeit gebracht gesehen hat, nicht etwas von den Gründen derselben beifügte, wiewol diese Gründe in Beschaffenheiten der Luft liegen, die ich lieber der eigentlichen Naturlehre überlassen mögte.

Ob das, was wir Luft nennen, im engsten Verstande eine Flüssigkeet einer eigenen Art, oder ein Gemische von feinen Teilen sei, in welche sich die festen oder flüssigen Körper des Erdballs aufgelöst haben und noch auflösen, darf ich unentschieden lassen. Es ist indessen höchst wahrscheinlich, daß die Luft in beträchtlicher Entfernung von der Erde, wohin deren Ausdünstungen nicht zu steigen scheinen, von einer durchaus gleichen Substanz sei, wo die Erde von der Luft umgeben, diese nicht mehr durch eine Einwirkung, von welcher ich nur das Allgemeine werde sagen können, anders modificirt, und unter beständigen Abwechselungen Teile, die der Luft als Luft fremde sind, in dieselbe mischt und wieder zu sich zieht. Die Luft aber widerstrebt diesen Modificationen und der Aufnehmung fremder Teile so wenig, daß wir sichtlich wahrnehmen, wie sie dieselben so aufnimmt, daß sie sich ihr so zu reden, ganz einverleiben. Wir sehen z. B. täglich, wie der aus den Schornsteinen aufsteigende Rauch sich zwar eine Weile beisammen hält, aber nach und nach sich in der Luft so verbreitet, daß von ihm nichts mehr zu unter-

scheiden ist. Wir sehen die von ihr anfgenommenen Dünste in feinern oder gröbern Massen oder Tropfen aus ihr herabfallen. Sie waren uicht Luft, als sie in den Wolken schwammen; sie sind es eben so wenig wenn sie als Wasser wieder herabfallen. Ein jeder Geruch, den die Luft unsern Nasen zuführt, zeugt von feinen Teilen, die sich von Körpern aller Art abgelöset haben, und von der Luft aufgenommen sind. Aus jeder Mischung von flüssigen Massen gewisser Art, aus jeder Auflösung fester Körper durch aufgegossene scharfe Feuchtigkeiten erheben sich Dünste in die Luft und verbleiben längere oder kürzere Zeit in ihr. Selbst das so schweere Quekſilber darf nicht lange in einem offenem Gefässe über einem etwas lebhaften Feuer gehalten werden, so verschwindet es schon und treibt in feinen unmerklichen Teilen in der Luft umher, die einem jeden sie einhauchenden tierischen Körper gefährlich werden.

Diese von solchen Auflösungen flüssiger oder solider Körper entstehenden Dünste haben nun Eine wichtige Eigenschaft mit der Luft in mehrerem oder minderem Grade gemein, nemlich die Elasticität. Sie mögen sich nun beisammen halten, oder der Luft einverleiben, so wirken sie in dem Raum, wo sie sich befinden, auf eine der Luft ähnliche Art, und mit Kräften, die sich von denen der Luft nur in dem Maas der Stärke unterscheiden. Sind sie weniger elastisch, als die Luft selbst, so lassen sie selbst sich in einen engern Raum zusammenbrükken, oder

sie

sie modificiren die Luft, der sie sich beigesellt haben, so, daß sie weniger elastisch wird, als in ihrem natürlichen Zustande. Haben sie mehr Federkraft, so erfolgt das Gegenteil. Dann ist aber auch eine Folge davon, daß die minder elastischen Dünste, oder die durch sie modificirte Luft dichter zusammen tritt und schweerer, die mehr elastischen aber leichter, als die natürliche Luft, werden, die sie umgiebt.

§. 30.

Man hat in unsern Zeiten die Naturlehre durch äusserst wichtige Untersuchungen der verschiedenen Beschaffenheit der Luft bereichert, wenn sie durch den Eintritt der Dünste solcher chemischen Auflösungen verändert wird. Man hat die dadurch modificirte Luft, so wenig auch deren Zustand bleibend ist, als so viel verschiedene Luft-Gattungen angesehen, und diesen Benennungen beigelegt, welche fast alle ihren Grund in denen chemischen Operationen oder natürlichen Wirkungen haben, durch welche diese Modificationen bewirkt werden. Es ist zu weit von meinem Zweck enfernt, diese Operationen zu beschreiben, um meine Leser dadurch in die Kenntnis dieser Luft-Gattungen einzuleiten, von welcher die ältern Schriften von der Naturlehre nichts enthalten. Die erste Quelle dieser neuen Kenntnis ist **Hales Statik der Gewächse**, die zuerst in England 1745, und in einer deutschen Uebersetzung 1748 erschien. Priestley verfolgte vor etwan zwanzig Jahren den von jenem

geöfneten Weg mit einem Fleisse, den der herrlichste Erfolg belohnt hat. Dieß hat die Bemühungen so vieler Naturkundiger in andern Völkern rege gemacht, daß eine Sammlung von allen Schriften über diesen Gegenstand schon jetzt sehr zahlreich ausfällt. Doch rahte ich meinen Lesern nicht, in diesen Licht zur Erwerbung dieser Kenntnis zu suchen, wenn sie nicht vorher in der neuesten Auflage der **Erxlebenschen Naturlehre**, die S. 191 ff. von Hr. Professor **Lichtenberg** eingeschalteten **Zusätze über die verschiedenen Luftarten** gelesen und wieder gelesen haben, bis sie den ganzen Inhalt wol gefaßt haben. Ich kann mir nicht verbieten, aus derselben die S. 194 befindliche Tabelle hieher zu entlehnen. Sie wird meine Leser vorläufig mit allen Benennungen bekannt machen, welche so oft in Schriften unsrer Zeit auch beiläufig vorkommen.

Luftarten

einathembare

gemeine Luft 100
dephlogistirte Luft 105.

mephitische

entzündbare		nicht entzündbare	
mit Wasser vermischb.	nicht vermischb.	mit Wasser vermischb.	nicht vermischbar.
hepatische Luft.	gemeine inflammable	fixe Luft 148.	gem. Salpet. L. 103.
fl. alcalis. Luft 52.	Luft 8.	Salzsaure Luft 170.	phlogistisirte Luft 92.
Phosphor. L. 210.	Sumpfluft 67.	Vitriolsaure L. 202.	
		Spathsaure L. 296.	
		Salpetersaure L.	
		Essigsaure Luft.	

Es ist klar, daß eine solche Masse Luft, so lange sie sich beisammen hält, oder durch eine künstliche Zurichtung beisammen gehalten wird, mit ihrer so viel geringern eigentümlichen Schweere nicht ihren Ort in der natürlichen Luft behalten könne, ohne nach hydrostatischen Gründen wegen ihrer geringern Schweere in die Höhe getrieben zu werden, oder, wenn sie schweerer ist, zu sinken. In einen Behälter gefaßt, der nicht so schweer ist, als das Uebergewicht, welches die natürliche Luft über diese leichtere Luft hat, wird sie, wie eine Dunstblase im Wasser, in die Höhe getrieben werden. Man erinnere sich hiebei an das Guerikische Manometer, welches ich im 24 § beschrieben habe. Wie hier die Kugel von einer schweerer gewordenen sie umgebenden Luft in die Höhe getrieben wird, so muß eine in seinem Taft beschlossene Masse dieser brennbaren Luft in der äussern Luft steigen, wenn nicht diese seidne Einfassung so schweer ist, als das Gewicht, welches die eingeschlossene Luft selbst weniger hat. Ja wenn dieser Unterschied so groß wird, daß die der brennbaren Luft gegebene Einfassung noch von diesem Unterschiede einige 100 Pfunde übrig läßt, so wird alles noch steigen wen auch ein Mensch in einem ihn tragenden leichten Behälter sich dem Luftball anhängt. Angenommen, die beschlossene Luft sei 60 Pfund, die zehnmahl schweerere natürliche Luft aber, deren Raum sie einnimt, 600 Pfund schweere; der gefirnißte Taft des Luftballs aber halte 200 Pfund an Gewicht: nun werde eine leichte Barke 80 Pfund schweer angehangen, und ein etwa 120 Pfund

schweerer Blanchard setze sich in dieselbe, so steht die Rechnung folgendermassen.

Gewicht der brennbaren Luft	: :	60 ℔
Gewicht des Balles	: : :	200 —
— der Barke	: : :	80 —
— Blanchards	: : :	120 —
so ist die Summe	: :	460 ℔
ab von	: : :	600 ℔
bleiben	: : :	140 ℔

Dies ist das Uebergewicht der natürlichen Luft und also die Kraft, mit welcher sie den leichtern Ball mit Barke und Luftschiffer noch in die Höhe heben kann.

§. 31.

Die den Benennungen S. 105. beygefügten Zahlen sind für meinen Zweck das wichtigste. Sie deuten auf die von den Naturkündigern fleissig untersuchte und bestimmte eigentühmliche Schweere dieser verschiedenern Luftarten, unter welchen die der gemeinen Luft, als das Maas zur Vergleichung der übrigen, zu 100 angesezt ist. Wir finden schweerere Luftarten, und unter diesen die beinahe dreifach schweere Spathsaure Luft, aber auch leichtere, und unter diesen die leichteste, die gemeine inflammable Luft, deren Schweere nur 8 Procent von der gemeinen Luft ist. Sie wird am leichtesten durch Auflösung des Eisens in Vitriolöl hervorgebracht, fällt aber doch noch

leichter

leichter aus, wenn man Zink statt des Eisens nimmt. Von dieser Auflösung, und auch nur, wenn sie sorgfältig gemacht wird und völlig geräht, gilt dann auch nur das geringe Verhältnis der eigentühmlichen Schweere, wie 8 zu 100 oder wie 1 zu 12½. Entzündbar wird sie durch Zumischung der gemeinen oder der dephlogistisirten Luft, wovon aber der Luftschiffer nichts besorgen darf, so lange sein Luftball sie ausser der Gemeinschaft mit der gemeinen Luft erhält.

§. 32.

Doch ich will diese rohe Rechnung genauer machen und die Wege anzeigen, die man wählen muß, um ein solches Uebergewicht entstehen zu machen. Meine Rechnung wird nicht zu schweer für denjenigen sein, der die hieher gehörigen Sätze aus meiner Erläuterung geometrischer Wahrheiten verstanden hat, und anzuwenden weiß.

Eine Kugel von 30 Pariser Schuhen im Durchmesser enthält (Geometr. §. 58.) 14130 Pariser Cubikfuß. Wenn nun die Luft 1½ Unzen im Cubikfuß schweer ist, so würde ihr Gewicht in so vielen Cubikschuhen betragen 21195 Unzen oder, durch 16 dividirt, 1325 Pfunde. Der Luftschiffer muß sich einen Behälter von dieser Grösse und Figur anschaffen, den er mit seiner brennbaren Luft füllet, die ich nur 5mal leichter annehmen will, d. ist 265 Pfund. Die natürliche Luft übt also auf diese 5mal leichtere Luft einen Drang aus mit dem Uebergewicht von 1060 Pfun-

den

den. Jezt kömmt es darauf an, ob der Behälter der brennbaren Luft leichter als dieser Ueberschuß, und wie viel er leichter sei. Es wird dazu ein dichter Taffent gewählt. Nun aber muß die Oberfläche des Luftballs berechnet werden. Diese beträgt (Geom. §. 58.) 2826 Quadratfuß. Nun ist es zwar leicht einen Taffent zu finden, von welchem 10 Quadratfuß etwa 1 Pfund wägen. Aber weil die brennbare Luft mit einer grossen Elasticität den Ball auszudehnen, oder durch alle Zwischenräume durchzudringen sucht, so muß der Taffent nicht schwach sein, und stark überfirnißt werden. Dann aber muß er noch mit einem Netze gefaßt werden, an welches das eigentliche Luftschif angehangen werden soll. Wenn wir also 1 Pfund auf das Gewicht von 5 Quadratfussen des Taffents, des Firnisses und des ihn umgebenden Nezzes rechnen, so ist das ganze Gewicht der Einfassung 565 Pf. Es bleiben also von dem Uebergewicht 1060 noch 495 Pfunde. Nun rechne man auf das Luftschif 50, und auf den Menschen, der es besteigt, 150 Pfunde, so bleibt noch ein Uebergewicht von 295 Pfunden, oder Untergewicht des Luftballs, mit welchem derselbe noch einen zweiten Menschen würde mitführen können. Ist aber die brennbare Luft noch leichter, so geht alles weit sicherer.

Der steigende Luftball geräht aber aus der natürlichen untern schweereren Luft in eine höhere dünnre und leichter werdende, in welcher sich dies Uebergewicht von 295 Pfunden nach und nach verlieren und der Ball zu

stei-

steigen aufhören wird. Dies wird bei einem Ball, der nicht viel Untergewicht hat, ziemlich bald erfolgen, wie wir es hier in Hamburg bei Blanchards nur kleinem Ball sahen, der keine 300 Fuß stieg. Will also der Luftschiffer seine Reise höher treiben, so muß er sich ein grösseres Untergewicht durch die Grösse seines Luftballs oder durch Verringerung desjenigen, womit er ihn beschwert, zu verschaffen suchen. Dann kann er noch Sand als Ballast mitnehmen, und wenn sein Ball im Steigen sich ins Gleichgewicht mit der höhern ihn umgebenden Luft stellt, diesen nach und nach auswerfen, um höher zu steigen. Um sich wieder herabzulassen bringt er unten an dem Ball ein Ventil an, bei dessen Oefnung die brennbare Luft hervordringt, der Ball sich von der äussern Luft allmählich zusammen drükken läßt, folglich durch die natürliche unten schweerere Luft wieder herabsinken kann.

Dies alles läßt sich nicht erlangen, wenn der Luftball einen zu kleinen Durchmesser hat. Denn alsdann nimmt der in demselben beschlossene Raum im Verhältnis der Cubikzahl, die Fläche aber im Verhältnis der Quadratzahl des Durchmessers ab, und das Uebergewicht kann nicht mehr entstehen. Der Luftball habe z. B. 20 Fuß im Durchmesser, so ist sein Inhalt $4186\frac{2}{3}$ Par. Cub. Fuß, das Gewicht der natürlichen Luft in diesem Raume $392\frac{1}{2}$ Pfund. Das Gewicht der brennbaren Luft sei dessen $\frac{1}{5}$, oder $78\frac{1}{2}$ Pfund, folglich das Uebergewicht von jener nur 314. Die Oberfläche aber beträgt 1260 Quadrat-

fuß.

fuß. Wenn nun deren Bekleidung auf 5 Fuß 1 Pfund wiegt, welches 253 Pfund macht, so bleibt alles Uebergewicht noch 61 Pfund, wenn er nicht eine weit leichtere brennbare Luft enthält, oder eine leichtere Bekleidung hat. Man rechne nun jene sei 8mal so leicht, als die natürliche Luft, so entsteht ein Uebergewicht von 343¼ Pf. Die Bekleidung wiege Ein Pfund auf 10 Fuß, (wie sie denn bei der kleiner Fläche viel schwächer sein kann; so betrüge dieß 126 Pf. und liesse noch von dem Uebergewicht 217½ Pf. mit welchem es kaum noch möglich bleibt. Der Ball wird nicht hoch steigen, ohne daß das Uebergewicht der natürlichen Luft schon aufhörte. Man mache die Rechnung auf einen Durchmesser von 15 Fuß, so wird es ganz unmöglich werden. Kleinere Figuren werden gar nicht steigen können, auch ohne einen schweeren Anhang mit sich zu führen, wenn man nicht zu deren Oberfläche eine viel leichtere Masse nimmt, wozu man denn das Amnium, oder die feine Haut gewählt hat, welche die Eingeweide der grossen Thiere bekleidet.

Es ist bekannt, daß man nicht gleich in den zuerst unternommenen Luftschiffahrten den Unterschied in der specifischen Schwere der natürlichen und der künstlichen Luft benuzte. Mongolfier machte seinen Ball dadurch sieigen, daß er die in demselben beschlossene Luft durch ein leicht loderndes Feuer verdünnte und elastischer machte, welches er unter der grossen Oefnung desselben in seinem Luftschiff unterhielt. Es ist klar, wie hier eben die Wirkung erfol-

gen konnte. Aber von der Schwierigkeit das Feuer gehörig zu unterhalten, und der Gefährlichkeit einer solchen Luftfahrt darf ich nichts weiter sagen. Der unglückliche Ausfall der Luftfahrt des **Pilatre du Rozier**, der mit seinem Luftball auch Feuer aufnahm, hat ein schauderhaftes Beispiel davon gegeben. Eben so überlasse ich andern Büchern die Beschreibung der Zurüstung, durch welche die aus der Auflösung des Eisens oder Zinks im Vitriolöl sich entwikkelnde brenbare Luft in den Ball geleitet wird.

Ich darf nicht unbemerkt lassen, daß die Herrn **Charles** und **Robert** in Paris die ersten waren, welche statt der durch Feuer verdünnten Luft den Ball mit entzündbarer Luft füllten, und damit zuerst im December 1783 eine weite glückliche Luftreise vollführten.

Es ist klar, daß meine oben angegebene Berechnung sich verändert, 1) mit der eigentühmlichen Schweere der eingeschlossenen künstlichen Luft, 2) mit den zu dem Luftball und dessen Zubehör gewählten Materialien, insonderheit aber 3) mit der Dichtigkeit und Schwere der natürlichen Luft. Ein Ball von nicht grossem Durchmesser, der noch eben bei der Barometer-Höhe von 28 Pariser Zoll, steigen könnte, wird sich nicht mehr heben, wenn dieselbe nur 27 Zoll beträgt.

Anmerkung.

Ich kann nicht unerwähnt lassen, daß der geschickte Mechaniker und Herzogl. Mecklenburgische Hof-Uhrmacher **Berg** mir vor vier Jahren um die Zeit, als Blanchard seine Luftreise bei uns machen wollte, zwei wol ausgedachte und sauber ausgearbeitete Maschinen zusandte, die ich auch noch als ein sehr angenehmes Geschenk desselben besitze. Die Absicht beider war eine Untersuchung von der Abnahme der Schweere in der Höhe damit anzustellen. Dazu waren sie nun freilich der Theorie nach sinnreich, und auf eine solche Art eingerichtet, von welcher ich noch nicht weiß, ob sie jemals einem gelehrten Naturforscher eingefallen sein mag, seitdem man sich mit den Untersuchungen der Schweerkraft so sehr beschäftigt hat. Ich will die einfachere hier beschreiben. (Fig. **) An einer 2 Zoll langen messingenen schmalen Platte AB ist unten ein 11 Zoll langer Zeiger in einer fein gearbeiteten Hülse so angebracht, daß er sich mit größter Leichtigkeit bewegt, und an einem oben angebrachten Gradboden seine Bewegung bezeichnet. Mit seinem Ende ist eine $\frac{3}{4}$ Zoll lange kleine Platte in Verbindung, die eine Oefnung o hat, in welche unten ein Gewicht H 4 Loht schweer, oben aber der Haken einer spiralen Feder I eingehangen werden kann. Eine hinter der Platte angebrachte Stellschraube, deren Arm K in der Figur hervorragt, dient die Feder genau so zu spannen, daß ihre Kraft mit der Schweerkraft des Gewichts H ins Gleichgewicht gestellt wird, da denn der Zeiger oben in der Mitte des Gradbogens steht.

Man

Man sieht sogleich ein, daß hier dem Gewichte eine Feder, das ist, eine Kraft entgegen wirkt, welche sich mit der Schweere nicht verändert. Wäre es nun so leicht einen Ort zu finden, wo die Schweere geringer ist, so würde die Feder gewinnen, das Gewichte in die Höhe ziehen, und der Zeiger von der Mitte gegen F überschlagen. Vermögte an einem andern Orte die Schweere mehr, so würde das Gewicht gegen die Feder gewinnen, den Punct G herab, und folglich den Zeiger von der Mitte gegen B ziehen.

Alles ganz vortreflich nach der Theorie! Aber wäre Blanchard auch viel höher gestiegen, als er jemals getahn hat, so hätte er noch nicht eine Entfernung erreicht, in welcher der Zeiger jenes Instruments schon eine Abnahme der Schweere angeben könnte. In der Taht sind bereits von den um das Jahr 1740 nach Peru versandten Französischen Mathematikern Versuche gemacht, wie viel geringer die Schweere auf der Spitze des hohen Berges Pichincha, als an dem nächsten Seeufer wäre. Das Pendul ward dazu angewandt, und das Resultat gab ein Verhältnis der Schweere am Ufer zu der auf dem Berge, wie 1 zu 09977. Die Verminderung war also 0,0023. Der Berg ist 2434 Pariser Klafter, das ist noch nicht $\frac{2}{3}$ einer Deutschen Meile hoch. Zu solchen Höhen erhebt sich Blanchard nicht. Wäre er halb so hoch gestiegen, so mögte die Veränderung in der Schweerkraft ein Viertel von jener, das ist $\frac{6}{10000}$ betragen haben, und dazu war

der

der Zeiger eines so kleinen Instruments noch bei weitem nicht empfindlich genug.

Indessen bin ich überzeugt, daß eben dieses Werkzeug, wenn es nach einem grössern Maasstabe ausgearbeitet wird, so daß der Zeiger zehntausend Teilchen sicher angibt, ein Mittel abgeben könne, die Veränderungen der Schwere an jedem Ort der Erde genauer und mit weit geringerer Mühe zu schätzen, als dies durch das Pendul geschehen kann. Denn der größte bisher bemerkte Unterschied in der Länge des Penduls, aus welchem alles berechnet werden muß, beträgt nur 1,29 Linien, und zwischen Paris und dem Aequator nur 0,86. Und aus diesem so kleinen Maasse sind Veränderungen der Schweerkraft berechnet, deren größte sich zur kleinsten wie 100257 zu 99602, und die zwischen Paris und Quito wie 10000 zu 99602, verhält; das sind, $\frac{4}{1000}$ Verminderung. Ein weit grösseres Maas würde der Gradbogen dieses Instruments abgeben. Denn wenn der Zeiger, als Halbmesser desselben, nur 5 Fuß hält, so betragen $\frac{4}{1000}$ von der demselben angehörenden Peripherie 12, 56 Linien auf einem Bogen von 1° 26′ 24″ der ebenfalls $\frac{4}{1000}$ des ganzen Umkreises ist. Dabei hat man es in der Macht, das Gewicht so groß bei verhältnismässiger Stärke der Feder, den Zeiger aber auch zart genug zu machen, daß die Veränderung in der Schweere sich noch in kleinern Graden, als 1000 Teilchen, angeben würde. Die nähere Berechnung, bei welcher es dann auf die Sinus, nicht auf die Grade an-

kom-

kommen würde, werde ich hier bei Seite sezen dürfen. Nur Eines müßte dabei beobachtet werden, daß der Versuch damit in gleichem Grade der Wärme angestellt würde. Es würde auch vielleicht anwendbar in der Untersuchung sein, wie stark die Anziehung der Berge auf irgend einen schweren Körper in deren Nachbarschaft sei. Zwar würde durch eben diese Anziehung das Instrument gegen den Berg zu selbst etwas hängen, aber der richtige Gang des Zeigers würde dadurch nicht verändert werden, und das angehängte Gewicht würde um so viel weniger auf den Punkt ° wirken, je mehr der Berg dessen perpendicularwirkende Schweerkraft mindert.

Herr Berg hat mir noch ein anders Werkzeug zugeschikt, welches noch viel empfindlicher und ebenfalls sehr gut ausgedacht ist. Durch den Zug eines Gewichtes auf eine in ihrer Büchse beschlossene Uhrfeder wird vermittelst zweier Zwischenräder ein kleines Schwungrad in Bewegung gesezt, welches durch die Zahl seiner Umläufe und deren Teile die ab- oder zunehmende Wirkung der Schweere angeben würde.

Ich fand es zwar nicht gerahten, Herrn Blanchard diese Instrumente anzubieten, um mit ihnen Beobachtungen anzustellen. Seine Kenntnisse gehen nicht biß auf dergleichen Dinge. Vielleicht mögte er auch behauptet haben, wirklich eine Bewegung des Zeigers daran wahrgenommen zu haben, mit eben der Wahrheitsliebe, mit

welcher

welcher er behauptete, und viele der angesehensten Zuschauer unterschreiben ließ, daß er bis auf 6000 Fuß in die Höhe gestiegen wäre, da es aufs höchste 300 Fuß betragen mogte.

Ich werde indessen die Wege suchen, eine Nachahmung eines oder beider Instrumente nach grösserem Maasstabe, und Versuche mit denselben in solchen Gegenden zu veranlassen, wo die Veränderung in der Schweerkraft groß genug ist, um die Wirkung vermittelst derselben zu schätzen.

So wie beide jezt beschaffen sind, scheinen sie mir auch schon anwendbar, um Versuche mit der Federkraft der Metalle und deren Veränderung durch Wärme und Kälte damit anzustellen.

§. 33.

Schon oft habe ich anderer elastischer flüssiger Körper, insonderheit der Dünste des siedenden Wassers (Mechanik §. 64.) erwähnt, welche mit grossen Kräften wirken. Wenn die Betrachtung und Berechnung dieser Kräfte mit der Aerometrie in Einem Zusammenhange abgehandelt würde, so würde dies dieser mathematischen Disciplin ihre Volständigkeit geben, die dann aber auch einen allgemeinern Namen als Aerometrie haben müßte. Oder, würde sie besonders abgehandelt, so würde dadurch eine neue mathematische Disciplin unter einem noch zu er-

findenden Namen entstehen. Beides ist bisher noch nicht geschehen, wovon ich die Ursachen hier kürzlich angeben will.

1) Die Elasticität dieser flüssigen Substanzen ist einer ganz andern Art, als die der Luft. Diese ist bei allen Veränderungen, deren sie fähig ist, dennoch im ganzen fortdauernd. Man hat die in einer Windbüchse zusammengedrukte Luft Jahre lang darin stekken gelassen, und alsdann, da man die Büchse löste, die darin geladene Kugel eben so wirksam gesehen, als wenn am Tage vorher die Luft in die Büchse gepreßt wäre. In keinem derjenigen Versuche, in welchen man die Federkraft der Luft schwächt, hat man ihr dieselbe ganz benehmen können. Aber jene Substanzen, die Dünste des siedenden Wassers, die des aufgelösten Pulvers, und die, welche durch Auflösung anderer Körper entstehen, wirken nicht lange und fortdauernd. Die in ihnen erregte Federkraft ist eine Folge gewisser Modificationen, die man in und an denen Körpern, welche diese Dünste hervorbringen, veranstaltet hat. Manche derselben macht der Zufall entstehen, und die Federkraft verliert sich, wenn man ihr Luft macht, oder sie sich Luft geschaft hat, oder eine andere Modification hintennach entsteht. Z. B. die Dünste des siedenden Wassers hören auf zu wirken, sobald sie abgekältet sind. Einige Secunden nach Abbrennung der Kanone ist alles um dieselbe, ja selbst vor deren Mündung, so ruhig, als wenn gar keine Dünste in und vor ihr hinaus

mit

mit solcher ungeheuren Gewalt gewirkt hätten. Wenn man dann auch mehr Gründe zur Schätzung dieser elastischen Kräfte hätte, als man wirklich hat, so würden doch dieselben mit denen Gründen, welche zur Erklärung der Kräfte der Luft leiten, in zu schwacher Verbindung stehen, als daß man eines mit dem andern in Einer Wissenschaft verbinden könnte.

2) Wir wissen gar zu wenig von den Kräften dieser Substanzen, das uns auf eine Schätzung derselben leiten könnte. Alle Erfahrungen, die mit einigen derselben angestellt worden, sind nicht von der Art, daß man andere Kräfte mit ihnen in ein bestimmtes Gleichgewicht gestellt hätte. Man hat z. B. zum Behuf der Geschüzkunst die Kraft des Pulvers sehr sorgfältig untersucht. Aber man muß in deren wirklichen Anwendung im groben und kleinen Geschüz es mit seiner ganzen Gewalt wirken lassen, und hintennach diese Wirkung beurteilen, wie sie ausgefallen ist. Man kann aber nicht eine andere Kraft derselben entgegensetzen, welche diese Wirkung genau aufhöbe, um daraus deren Grösse genau zu bestimmen. Wenn man in der Potterschen Feuermaschine die Dünste des Wassers der Luft entgegen wirken läßt, so muß man dieselben bei jedem Hub der Maschine ins Uebergewicht setzen, und ihnen dies Uebergewicht sogleich durch Abkältung wieder nehmen.

3) Diese Kräfte wirken selten so allein und ohne Einmischung anderer Kräfte, daß man bestimmt sagen könnte, was in deren Wirkung auf sie insbesondere zu rechnen sei. Bei den meisten wirkt die Luft durch plözliche Erhöhung von deren Federkraft gewaltsam mit ein. Dies ist selbst vom Pulver klar, indem Pulver unter der Luftpumpe im leeren Raum angezündet, langsam schmelzt, aber keinen Schlag giebt, und auf den dasselbe umgebenden Recipienten keine Gewalt übt, den es in Verbindung mit etwas Luft zertrümmern würde.

Wir sind seit einigen Jahren mit einer durch chemische Auflösung des Silbers erregten Kraft bekannt geworden, deren Wirkung alle Vorstellung übertrift, und bei ihrer Gefährlichkeit von allen Versuchen zu deren Schäzung abschrekt. Wenn die Gewalt, welche es übt, auch von der Einwirkung der Luft, insonderheit der in derselben befangenen fixen Luft, abhängt, so wird es doch eine unauflösliche Frage bleiben, wie eine so kleine Masse, wenn sie durch blosses Berühren mit einem kalten Metall, ja nur durch eine kleine Bewegnng mit dem Gefässe, worin sie enthalten ist, und aus Vorsicht nur einen Gran schwer beisammen sein darf, in elastische Dünste aufgelöset ist, auf die Luft mit einer Kraft wirke, die über jedes durch Erfahrung bekannte Verhältnis bei gleichen Massen andrer in der Luft plözlich aufgelöseten Körper hinausgeht.

Ein Deutscher Leser findet von dieser neuen wundersamen Erscheinung die ihm dienliche Nachricht in Leonhardis Deutscher Uebersetzung von Macquers chemischem Wörterbuche in einer starken Anmerkung des Uebersezers S. 97 ff. des sechsten Teils. Der Französische Chemiker Berthollet geriet zuerst darauf. Unter den Deutschen ist es bisher nur Herrn Wiegleb damit gelungen, aber mit grosser persönlicher Gefahr.

§. 34.

Nur die Dünste des siedenden Wassers, wenn sie gleich keine lange fortdauernde Kraft geben, sondern dieselbe durch die Abkältung bald wieder verschwindet, werden durch den Mechanismus der englischen Feuermaschine, welche dieselbe in bestimmten Zeiten abwechselnd tödtet und wiederherstellt, einer Anwendung zu solchen mechanischen Wirkungen fähig, die sich einer zuverlässigen Berechnung unterwerfen läßt, bei welcher die Praktik nicht mehr irre gehen kann. Zwar ist Herrn Boulton ein Versuch, so viel ich weiß, fehlgeschlagen, von welchem er damals, als ich seine anfangende Anstalt dazu sah, grosse Hofnung hatte; wiewol er mir, wie andern, ein Geheimnis von seinem Entwurfe machte. Ich sah ein eisernes mit seiner Welle aus Einem Stükke gegossenes Rad, etwa 8 Fuß im Durchmesser, mit holer Felge, holen Speichen und auch holer Welle. Mit Einem Teile der Felge war ein eiserner Kasten zusammengegossen, der sich öfnen und schliessen ließ. Er sagte nur so viel davon,

von, daß er hoffe, ein Werkzeug zu Stande zu bringen, in welchem die heissen Dünste die Stelle einer jeden andern bewegenden Kraft, es sei von Tieren oder von leblosen Körpern, vertreten, und jede verlangte Wirkung beschaffen solten. Da ich späterhin nichts wieder von der Sache gehört oder gelesen habe, so sehe ich sie als mislungen an.

Indessen hat man seitdem die Dampfmaschine selbst, so wie sie von ihm verbessert ist, zur Bewegung solcher Maschinen anzuwenden gelernt, welche sonst die Kraft vieler Wasserräder erfodern. Man hat in London mit 60000 Pfund Kosten eine Mühle mit zwanzig Gängen angelegt, welche durch zwei solche Maschinen in Bewegung gesezt wird. Eigentlich sind es zwei Mühlen in Einem Hause, deren jede ihre Dampfmaschine hat. Da mir noch keine Zeichnung oder Beschreibung davon bekannt geworden ist, so will ich aus der mündlichen Beschreibung einiger verständiger Reisenden so viel davon sagen, als ich bis izt selbst weiß.

Der grosse Hebel, der die Maschine auf- und niedergehen macht, treibt mit dem von der Dampfmaschine abgekehrten Ende eine zwekmässig starke Stange auf und nieder. Diese führt durch eine Kurbel eine Welle mit einem Rade umher, welches auf zwei andere Räder, auf jeder Seite Eins, eingreift. Jedes Rad treibt eine lange starke Welle, und mit dieser fünf Kammräder herum,

deren jedes seinen Mülstein in Bewegung sezt. Die Müle ist zwar an die Themse gelegt, aber nur zur Erleichterung der Zufuhr der Steinkohlen, des Korns und zur Abfuhr des Mehls. Denn sonst ist jeder Plaz für sie gleichgültig, wo man nur zu dem Wasser gelangen kann, dessen die beiden Kessel der Maschinen bedürfen.

Hier zeigt sich ein wichtiger Zuwachs der praktischen Mechanik, aber nur in der Anwendung ausführbar für ein Land, das einen solchen Ueberfluß von Feurung unter seiner Oberfläche hat. Aber es ist zu erwarten, daß in Grosbritannien dieser Gebrauch der Dampfmaschine immer mehr erweitert werden werde. Schon jezt hat jeder der grossen Brauer in London eine solche von geringerer Grösse, welche ihm in seinem weitläuftigem Gewerbe durch Schöpfung des Wassers, durch Aufpumpen des Biers in die grosse Kühlpfanne, welche ihren Ort zu oberst in den Brauhäusern hat, und in andern Verrichtungen die Dienste von wenigstens hundert Menschen thut. Auch erfahre ich, daß Herr Boulton selbst mit der Königlichen Münze in Unterhandlung über die Errichtung einer grossen Dampfmaschine bei Birmingham stehe, durch welche er Münze für das ganze Reich zu prägen vorhat.

Von dem Schall und den mathematischen Gründen der Tonkunst.

§. 35.

Die Luft ist diejenige Substanz, durch deren Erschütterung der Schall fortgepflanzt wird. Die Ursache sowol dieser Erschütterung der Luft selbst, als derjenigen Modificationen des Schalls, die wir Töne nennen, liegt in den in Absicht auf Schnelligkeit und Wirksamkeit auf gewisse Art bestimmten Erschütterungen, deren alle Körper, sie sein feste oder flüssige, mehr oder weniger fähig sind. Diese teilen sich dann nicht nur der Luft selbst, sondern durch diese auch andern Körpern, insonderheit dem Sinnesorgan mit, durch welches wir und alle Tiere hören. Umgibt diese erschütterten Körper keine Luft, so hat auch kein Schall Statt. Dies ist durch Versuche unter der Luftpumpe ganz ausser Zweifel gesezt. Der Schall selbst hat eine fortgehende Bewegung, die zwar sehr schnell, aber doch durch viele darüber in verschiedenen Ländern gemachte Versuche ziemlich genau ausgemessen ist. Man hat Kanonen in genau abgemessenen grossen Entfernungen abgefeuert, und die Zeit gezählt, welche zwischen dem Erblicken des Feuers und der Anlangung des Schalls verlief. Die Resultate dieser Versuche weichen zwar etwas von einander ab, nemlich von 1038 bis 1110 Pariser Fuß. Ich werde jedoch mich an die Zahl 1050 halten, welche die Französischen Mathematiker in Peru fanden, und welche sich gewissermassen durch spätere in Frankreich

gemachte Versuche bestätigt, die eine nur um 12 Fuß kürzere Weite gaben. Diese Bewegung ist nicht eine Bewegung der Luftmasse selbst, wie die in dem Winde, sondern die Bewegung einer Kraft. Daher stören sich auch diese Bewegungen des Schalls nicht, bringen auch nicht durch ihr Zusammenstossen eine Mischung oder eine zusammengesezte Bewegung hervor, wenn deren viele zu gleicher Zeit in Einer Masse Luft erregt werden. Wenn z. B. in einem Saal ein Concert gehalten wird, und funfzig verschiedene Musiker auf so vielen verschiedenen Stellen die Luft durch ihre Instrumente oder ihren Gesang erschüttern, so gelangt doch zu den Ohren aller Zuhörer der Schall von diesen Instrumenten oder Stimmen, nachdem sie sich in allen möglichen Richtungen durchkreuzt haben, und es entsteht nicht etwan eine aus allen diesen Schällen gemischte Empfindung, sondern ein jeder Ton wird besonders deutlich von jedem gehöret, so wie er auf dieses oder jenes Instrument seine Aufmerksamkeit besonders richtet. Wie dies möglich sei, versteht man nicht, wenn man den in der Naturlehre gewiß noch zu wenig benuzten Saz nicht weiß, von welchem ich eben deswegen bei dieser Veranlassung etwas genauer reden werde, nemlich diesem, **daß die Kräfte die wesentliche Eigenschaft der Körper, die Impenetrabilität, nicht haben.** Zwei Körper selbst können nicht zugleich in einem Ort existiren; und wenn sie in ihren Bewegungen auf einander treffen, so verändern sie daher einer des andern Bewegung, oder heben sie unter gewissen Umständen ganz auf. Aber

die in den Körpern erregten Kräfte können einander durchdringen, folglich in ihren Bewegungen auf einander treffen, und von Augenblik zu Augenblik an Einem Orte existiren, ohne daß Eine die Bewegung der andern störte, oder gar aufhöbe. Man kann davon sich eine Erfahrung verschaffen, so oft man will. Man lasse zwei Steine zugleich in einer mässigen Entfernung von einander in ein stilles Wasser fallen. Jeder Stein wird das Wasser selbst da bewegen, wo er in dasselbe fällt, und es aus seiner Stelle treiben. Aber nun entsteht eine Erschütterung in dem Wasser, oder eine Kraft wird erregt, die sich von denen Stellen aus, wo die Steine hineinfielen, in die Runde umher verbreitet, und sich in mehreren im Wasser erregten Cirkeln zeigt. Wenn diese Cirkel gegen einander stossen, drükken sie sich nicht etwan, wie man vermuten mögte, gegen einander platt, sondern durchschneiden einander, ohne im geringsten einer des andern Fortbewegung zu stören, bis daß die Kraft in dem Wasser zu wirken aufhört. Von allem übrigen, was den Schall betrift, werde ich das, was der eigentlichen Physik angehört, ihr überlassen, und nur dasjenige kurz erläutern, was darin einer mathematischen Schätzung und zum Teil einer praktischen Anwendung fähig ist.

§. 36.

Die Erfahrungen, durch welche die Geschwindigkeit des Schalls ausgemacht ist, leiten auf eine Anwendung in Messung beträchtlicher Entfernungen. Man darf nem-

lich nur die Sekunden zählen, welche zwischen dem von einem Schuß aufblikkenden Lichte und dem Schall verlaufen, und dieselbe durch die schon angegebene Weite multipliciren. Ich will zu einem Beispiel anführen, wie ich in dem Jahr 1757 die Weite des sogenanten schwarzen Berges hinter Harburg von meiner Wohnung in Hamburg dadurch schäzte. Ich sah bei Nacht den Bliz von jedem Schuß, welchen die auf diesen Berg gestellte Hannöverische Artillerie auf die Vestung taht, und zählte, bis der Schall zu meinen Ohren kam, jedesmal 25 Sekunden. Diese multiplicirte ich durch 178 Klafter, weil der Schall mit starkem Winde gieng, oder 1088 Fuß. Das betrug 27200 Paris. Fuß. Da nun 22842 dieser Fusse eine geographische deutsche Meile machen, so betrug dies ungefähr $1\frac{1}{5}$ deutsche Meile.

Man sieht leicht, was einer solchen Schäzung der Weiten an ihrer Richtigkeit abgehe, wenn man nicht die Zeit genauer als in Sekunden zu schäzen im Stande ist; denn ein Fehler von $\frac{1}{2}$ Sekunde gibt schon einen Fehler von 544 Par. Fuß und $\frac{1}{10}$ Sek. noch 109 Fuß, welchen Fehler zu vermeiden, auch selbst mit einem Chronometer schwer sein würde, weil man das erste Gefühl des Schalls nicht so genau durch das Ohr schäzen kann. Aber andre Umstände stören sie nicht so, wie man es von der Natur vermuten sollte. Man möchte nemlich vermuten.

1) Daß die Richtung des Windes die Fortbewegung des Schalls sehr befördre oder aufhalte. Dies beträgt etwas: aber doch nur 18 Fuß auf jede Sekunde, die man mehr als 1950 Fuß rechnen darf, wenn der Schall mit dem Winde, doch nicht etwa im Sturm, geht.

2) Daß der Schall in einer dichtern und elastischern Luft schneller fortgehe. Dies hat sich nicht gezeigt. Französche Mathematiker, welche ihre Versuche in der dazu sehr wol gelegenen Ebne bei Quito zwischen den Gebirgen in Peru machten, wo das Barometer nur 20 Zoll hoch steht, fanden den Fortgang des Schalls eben so schnell, als er durch andere Versuche in niedrigen Gegenden bestimmt ist. Man glaubt ausgefunden zu haben, daß in warmer und eben deswegen dünnerer Luft, der Schall schneller fortgehe. Indessen reicht die Messung einer Weite durch den Schall zu, wo man nicht die größte Genauigkeit verlangt, oder nicht dazu gelangen kann.

§. 37.

Aus eben diesem Fortgange des Schalls läßt sich die Weite bestimmen, in welcher der Wiederhall deutlich wird. Wiederhall hat allenthalben Statt, wo ein Schall erregt wird, und gegen einen Körper anfällt, der ihn von seiner Oberfläche zurückwerfen kann. Doch scheint es nicht so wol auf die Oberfläche anzukommen, ob sie eben, ob sie elastisch genug sei, um der auf sie fallenden Luft die Erschütterung, mit welcher sie auffällt, wieder zu

geben, oder sie in ihr zu erneuern. Denn so könnten doch nicht die Bäume eines Waldes, die Oberflächen rauher und unordentlich über einander gethürmter Felsen, und andre durchaus nicht ebne Oberflächen, so starke und reine Wiederhälle erregen. Es scheint vielmehr, als wenn der Wiederhall schon von der Luft erregt werde, welche sich vor solchen unordentlich geformten Massen in einer gewissen Ruhe aufhält; Denn er hat bei starkem Winde nicht Statt. Es scheint, als wenn diese Luft mit einer gleichförmigern Wirkung, als die an den Körpern selbst Statt haben könnte, die durch einen starken Schall an sie gelangende Erschütterung zurückzukehren nötige.

Nun aber wird eine gewisse Zeit erfodert, damit die Seele den zurükkommenden Schall von dem ersten unterscheiden könne, ohne daß Eine Empfindung mit der andern sich vermenge. Diese ist wenigstens $\frac{1}{10}$ einer Sekunde; das weis man durch die Musik. Denn, wann ein äusserst fertiger Musiker auf dem Clavier oder der Geige zehn Töne in Einer Sekunde spielt, so kann das Ohr sie noch unterscheiden. Spielt er aber deren mehrere in einer Sekunde durch, so scheinen sie schon in einander zu fliessen. Doch kömmt es freilich hier auf die Feinheit und die Gewöhnung des Ohrs an. Denn manchem Ohr möchten schon weniger Töne in Einer Sekunde zusammen zu fliessen scheinen. Da nun der Schall in Einer Sekunde 1050 Fuß aufs mindeste fortgeht, so ist sein Fortgang in $\frac{1}{10}$ Sekunde 105 Fuß. Da er aber bei dem

Wie-

Wiederhall hin und her geht, so bedarf es nur der halben Weite, die das Ohr des gegen den Wiederhall rufenden von der zurükwerfenden Fläche haben muß. Man kann es also als eine Regel festsetzen, daß unter 53 Fuß Weite das Ohr den Wiederhall nicht von dem ersten Schall, den es empfand, unterscheiden wird, und daß in einer grösfern Weite die Unterscheidung immer deutlicher ausfallen wird. Ist die Entfernung viermal so groß, daß vier einander in derjenigen Schnelligkeit folgende Töne, in welcher sie das Ohr noch unterscheiden kann, auch wieder zu demselben zurükkommend unterschieden werden, so gibt dieß ein viersilbiges, und in grössern Distanzen ein Echo von mehrern Silben. Es kömmt aber darauf an, wie schnell man die vier Silben ausspricht. *)

Man

*) Wenn man ein viersilbiges Wort so langsam ausspricht, daß das Echo der lezten Silbe schon wieder zurükkommt, da man noch die vierte ausspricht, so hört man nur das Echo von drei Silben. Aber eben derselbe Mund, eben dieselben Sprachorganen, werden eben dasselbe viersilbige Wort nicht gleich geschwind aussprechen können, sondern nur dann am geschwindesten, wenn sie den Accent auf die erste Silbe setzen. Ich probirte das Echo an den berühmten Felsen bei Adersbach in Böhmen in einer Entfernung, wo es wirklich viersilbig ward. Ich wählte den Namen eines jungen Reisegefehrten Rogowicoff, und versezte den Accent auf alle vier Silben. Das Echo war immer dreisilbig, wenn ich auch noch so geschwind zu sprechen mich bemühte, oder den Accent auf eine der lezten Silben

sezte.

Man erklärt das Entstehen des Donners durch den Wiederhall, welchen die durch den Bliz plözlich erschütterte Luft durch ihr Rückprallen von denen Gegenständen verursacht, welche sich unterhalb der Stelle befinden, wo der Bliz aus den Wolken hervorbricht. Diese Erklärung ist die einzige wahre, und bestätigt sich durch die Erfahrung, wenn man Geschüz gegen Wälder und Gebirge löst. Meinen Lesern aus dieser Gegend kann ich erzählen, daß ich dieselbe in der grösten Vollkommenheit gemacht habe, als bei der Ankunft der unglüklichen Königinn Caroline Mathilde ein Schif, auf etwan 1500 Fuß von der Stadt Altona ab, in den Strom gelegt war, hinter welchem hinaus ich mich etwan andre 1500 Fuß entfernt

sezte. Nur dann ward es viersilbig, und die Zunge konnte geschwinde genug laufen, wenn ich ihn auf die erste Silbe sezte.

Dies leitete mich auf eine Bemerkung in Ansehung der Englischen Aussprache, deren Charakter bekanntlich dieser ist: alles ohne viele Anstrengung der Sprachorganen auszusprechen, und sich von einem jeden Wort so schnell abzuhelfen, als möglich. Daher scheint mir die seltsame Accentuation im Englischen zu rühren, da man ohne alle Rücksicht auf Etymologie, oder, wie im deutschen, auf die Stammsilbe des Worts den Accent gern auf die erste Silbe bringt, ohne wo der Zusammenstoß mehrerre Consonanten, oder ein Diphtong in der Mitte die Aussprache leichter macht, wenn man den Accent auf eine der folgenden Silben sezt, z. B. in den Wörtern Convexity, Obscurity, wie auch in den dreisilbigen Remainder, uncertain, und dergleichen.

entfernt befand. Das Schiff feuerte seine Kanonen ab: ein einfacher Wiederhall gab uns den Knall zurük. Aber nach einem kleinen Zwischenraum folgte ein langer rollender Donner, der uns so sehr täuschte, daß wir alle uns nach der Gewitterwolke umsahen, in welcher dieser vermeinte Donner seinen Siz hätte. Aber wir suchten nicht länger, als jeder der folgenden Schüsse einen gleichen Donner zur Folge hatte. Doch setzen solche Erfahrungen, wenn sie so vollkommen gelingen sollen, ein sehr stilles Wetter voraus.

§. 38.

Ein jeder Schall ist zwar auf gewisse Art modificirt, und rührt die Gehörorganen auf verschiedene Weise. Diese Modification hängt von den Erschütterungen des Körpers ab, von und an welchen der Schall seinen Ursprung nimmt. Ein jeder Körper wird zittern, wenn er von einem andern angeschlagen oder gestossen wird, und beide nur etwas hart oder elastisch sind. Man darf nur die Hand auf denselben legen, so wird man den Umständen nach ein verschiedenes Zittern, aber auch einen verschiedenen Schall bemerken. Bei grossen unförmlichen Körpern hört dieser Schall bald auf, und ist nicht genau bestimmt. Man gibt demselben noch nicht die Benennung eines Tons, sondern nennt ihn dumpfigt. Bestimmter wird dieser Ton, wenn man einen langen, aber wenigstens bis zu gewissem Grade elastischen Körper anschlägt. Eine hanfene Schnur, etwa eine Linie dick, zwi-

schen

schen zwei Nägeln etwas straff angezogen, wird, wenn man mit einem Stabe auf deren Mitte schlägt, auf und nieder sich bewegen, und bei einer schwachen Spannung einen noch nicht bestimmbaren Ton geben. Man spanne sie schärfer an, am besten durch allmählich angehängte Gewichte, so wird sie endlich einen Ton angeben, der mit dem des tiefsten C in der Musik überein kömmt. Dann aber wird ein scharfes Auge dieselbe in einer Sekunde Zeit $12\frac{1}{2}$ mal auf- und niederschlagen sehen. Das Auge darf nur nach unten oder oben sehen, so wird es 6mal sie zurrükkehren sehen, und noch ein kleiner Zeitraum übrig bleiben. Spannt man die Schnur durch mehr Gewichte, so werden deren Schwingungen schneller und bald dem Auge nicht zählbar, der Ton aber immer etwas höher werden.

Nun hat man durch häufige Erfahrungen ausgemacht, daß diese Töne sich nach drei Ursachen bestimmen, nemlich der Länge, der Dikke und dem Grade der Spannung eines solchen bestimmter Schwingungen fähigen Körpers, oder mit Einem Worte, einer Saite. Je länger die Saite bei gleicher Dikke und Spannung ist, desto tiefer ist der Ton; je dikker sie in Verhältniß zu ihrer Länge ist, oder je stärker sie gespannt ist, desto höher wird eben derselbe. Man nehme eine solche Saite, spanne sie mit einfachen und demnächst mit doppelten Gewichten, oder man kürze sie bei gleichem Grade der Spannung auf die Hälfte ab; oder man spanne zwei Saiten,

deren die eine noch einmal so dik als die andere ist, bei gleicher Länge mit gleichem Gewichte, so wird jedesmal diese Saite den Ton angeben, welchen man in der Musik die Octave des ersten Tons nennt. Am brauchbarsten zu diesen Versuchen, die aber nur das erste Gesez beweisen, ist ein Instrument, auf welchem man zwei Saiten von gleicher Länge und Dicke so spannt, daß sie einen ganz gleichen Ton angeben. Ist dies genau getroffen, so bringe man eine Unterlage unter die Mitte der einen Saite, welche die Schwingungen der einen Hälfte der Saite stört; dann mache man eine Saite nach der andern klingend, und der Ton der kürzern ist genau die Octave von dem Ton der längern Saite. Nun verrükke man die Unterlage so, daß die Eine Saite auf $\frac{2}{3}$ der Länge der andern abgekürzt wird. Es wird ein Ton in der kürzern Saite entstehen, welchen die Musiker die Quinte von dem unveränderten Ton der andern Saite nennen. Wird die Verkürzung in dem Verhältnis 5 zu 4 vorgenommen, so entsteht die grosse Tertie, in dem Verhältnis 5 zu 3 die grosse Sexte, und so ferner in andern Verhältnissen andere Harmonien.

§. 38.

Nun kann zwar kein menschliches Auge noch die Schwingungen dieser Saiten zählen und deren Zahl mit einander vergleichen. Aber man nimmt aus guten Gründen, von welchen ich noch mehr sagen werde, an, daß die Schwingungen dieser Saiten in dem umgekehrten

Ver-

Verhältnis ihrer Länge, oder im Verhältnis der Spannung mehr werden: daß z. B. die Saite, welche $\frac{2}{3}$ der andern lang ist, drei Schwingungen mache, indessen die längere deren nur zwei macht, und daß darin der Grund der mehr oder weniger gefallenden Harmonie liege, wenn die Schwingungen der verschiedenen Saiten öfter oder seltner, oder besser, früher oder später mit einander zusammen treffen. In der Taht fühlt das Ohr etwas Unangenehmes, wenn man die eine Saite eines Monochords*) in einem solchen Verhältnisse, wie 225 zu 256 einteilt, da dann die 225ste Schwingung mit der 256sten zusammentrift. (Das ist in der Musik der Alten der tonus major diaschisma abundans.) Diese Zahl der Schwingungen einer Saite in Einer Sekunde steigt bei einer sehr kurzen oder stark gespannten Saite ins Unbegreifliche. Denn wenn das tiefste C $12\frac{1}{2}$ Schwingungen in Einer Sekunde macht, so macht die Octave davon zweimal so viel d. i. 25, die dritte 50. Da nun zehn Octaven

*) Ein solches Werkzeug ist nicht kostbar. Zwei Exemplare, die ich davon besize, habe ich jedes nur mit zwei Gulden bezahlt. Aber ich kenne niemanden, der sie in unsern Gegenden verfertigt. Die meinigen kaufte ich vor mehr als zwanzig Jahren von einem nach Petersburg durchreisenden Musikverständigen. Sie haben zum Zweck, die verschiedenen Temperaturen nach dem alten, dem Telemannischen und dem Sorgischen System darzustellen, und sind für diesen Zwek, wie für die schon gegebenen Erläuterungen, sehr sorgfältig ausgearbeitet.

Octaven noch hörbare Töne geben, so müßte das C der zehnten Octave 1024 × 12½ d. i. 12800 Schwingungen machen. Dem der dies wegen seiner Unbegreiflichkeit nicht glauben will, kann es nicht bewiesen werden: aber so weit die Erfahrungen gehen, d. i. so weit die Schwingungen noch zählbar sind, sieht es das Auge klar. Eine messingene Saite, 138 Fuß lang, und ¼ Linie dik und gespannt von 4 Pfunden Gewicht machte in einer Sekunde Einen Schlag. Als ein Steg in deren Mitte gebracht ward, machte sie zwei Schwingungen, und als sie auf ein Viertel der Länge gebracht ward, vier Schwingungen. Auf ein Sechszehntel eingekürzt, ward der Schall hörbar. Wenn man zwei Gläser mit Wasser zum Teil füllt, und den Schall dadurch so bestimmt, daß der Schall des einen Glases die höhere Octave des andern wird, so wirft das Wasser in beiden Gläsern Wellen auf, die aber in dem Glase, das die höhere Octave angibt, nur halb so groß sind, und halb so weit von einander abstehen. Wenn man zwei Saiten so stimmt, daß eine die Octave der andern abgibt, alsdann die höhere Octave klingen läßt, so teilt sich die Saite der tiefern Octave in zwei Teile, und klingt in jedem Teil der höhern Octave nach. In der Mitte ist sie ruhig. Dies zeigt sich deutlich, wenn man ein Stükchen Papier biegt und auf die Mitte legt. Legt man aber zwei andre Stükchen in die Mitte der beiden Hälften, so werden sie durch die Zitterung derselben sogleich herabgeworfen. In dergleichen Versuchen zeigt sich also, daß die Natur

dieses Gesez hält. Man muß also für die Saiten, von deren Zitterungen keine Erfahrung etwas dem Auge angibt, eben das Gesez in geometrischer Progression gelten lassen, oder annehmen, daß die Natur bei feinern Tönen ein anders Gesez befolge: welche Unbeständigkeit in den Naturgesezen man in keinem andern Fall wahrnimmt.

§. 39.

Diese Schwingungen bestimmen sich in jeder Saite anders und anders, je nachdem

1) Den Saiten eine Unterlage gegeben wird, die so fest gegen sie drükt, daß die Schwingungen des angeschlagenen oder gestrichenen Teils der Saite nicht weiter gehen können. Ist dieser Druk aber nicht stark genug oder auf eine gewisse Art angebracht, so nimmt auch der andre Teil die ihm zukommenden Schwingungen an, oder klingt auch wol gar alleine, ohne daß jener Teil sich hörbar macht. Dies ist der Fall bei dem sonannten Flageoletspieken auf der Violine. Ich grif an einem grossen Violon eine Saite mit einem schwachen Druk an, so daß der längere Teil zwischen meinem Finger und dem Steg', der kürzere über dem Hals des Violons war. Ich strich den längern Teil sanft mit dem Bogen. Der Schall, der nun entstand, war nicht der Ton dieses Teils, sondern desjenigen, der oberhalb meinem Finger sich befand.

2) An

2) An runden schallenden Werkzeugen, wie Glokken und Gläser sind, bestimmt sich der Ton aus dem Umkreise solcher Werkzeuge des Schalles, welcher zu einem gewissen Mittel angenommen für die Länge der Saite gilt, aus der auf ein Mittel gerechneten Dicke des Metalls, und aus der durch die Mischung desselben sich bestimmenden Elasticität. Doch ist dies keiner Berechnung fähig, sondern die Erfahrung leitet den Glockengiesser auf die Regeln, nach welchen er das Metall wählt, und die Glocke bildet. Ist es nicht mit dem Ton genau getroffen, so kann durch Abfeilen eines Teils der Masse am rechten Orte etwas nachgeholfen werden. Bei dem Anschlagen solcher runden holen Körper werden Schwingungen erregt, die von dem Punkt aus, wo man anschlägt, nach beiden Seiten fortgehn, aber sich in dem entgegengesezten Punkt begegnen. Man fülle ein Glas allmählich mit Wasser. Das Wasser dämpft die Schwingungen in demjenigen Teil des Glases, welchen es inwendig bedekt, und eigentlich klingt nur der vom Wasser freie Teil. Ich glaubte, die Länge dieses Teils, als Saite betrachtet, bestimme sich von dem Rande herab bis zum Wasser, und der Schall müsse tiefer ausfallen, je weniger Wasser in dem Glase ist. Als ich aber mehr und mehr Wasser in das Glas goß, fand ich, und so wirds ein jeder finden, daß der Schall immer tiefer ward. Ich geriet aber bald auf die wahre Erklärung dieser vielleicht noch nicht in Schriften erläuterten Sache. Sie ist diese: Man nehme zu deutlicher Vorstellung der Sache das Glas cylindrisch

an,

an, wie man es ja haben kann. Seine Peripherie sei 10 Zoll. Man fülle es bis auf 2 Zoll unter dem Rande. Nun hat man eine Saite 10 Zoll lang und 2 Zoll dik. Die Dikke des Glases kömmt nicht in Betrachtung, weil sie unveränderlich bleibt. Nun fülle man es um 1 Zoll höher, da man dann den klingenden Teil des Glases als eine Saite 10 Zoll lang und 1 Zoll dik ansehen kann. Jezt wird man die tiefern Octave des ersten Schalls haben. Denn die Länge der Saite ist nach wie vor 10 Zoll. Die Dikke aber ist auf die Hälfte gemindert. Der klingende Teil des Glases ist also wie eine Saite anzusehen, welche im Verhältnis zu ihrer Dikke doppelt so lang geworden ist, und also nur halb so viel Schwingungen in derselben Zeit macht.

§. 40.

In den Blase-Instrumenten ist es nicht eine Saite, sondern eine Luftsäule oder ein Luftfaden, welchem die Zitterungen mitgeteilt und durch die elastische Materie des Instruments unterhalten werden. Die Form des Instruments bestimmt die Länge dieser Luftsäule, auf welche es mehr als auf die Dicke ankömmt. Dies ist am klärsten bei den Orgeln. Das tiefste C. bestimmt sich in der 32 füssigen Pfeiffe derselben. Um dieser Luftsäule die Zitterungen zu geben, muß eine andre Luft zu derselben sanfte übertreten, sie in Zitterung setzen, aber auch ein Ausgang irgendwo ihr gelassen werden, daß sie blos zittern könne, ohne gewaltsam zusammen gepreßt zu werden.

werden. Sobald eine solche Luftsäule verlängert oder verkürzt wird, entsteht ein tieferer oder höherer Ton. Man sieht dies am deutlichsten an der Pfeife, nach welcher man die Instrumente stimmt. Durch eine in dieselbe hineingetriebene Kolbe wird diese Luftsäule in allen Verhältnissen verändert. Man hat die Octave des niedrigsten Tons, wenn man die Kolbe bis auf den halben Weg, und die zweite Octave, wenn man sie bis auf den vierten Teil hinaufschiebt. Aber nun blase man in eben diese Pfeife, nachdem man sie z. B. auf C. gestellt hat, sehr scharf. Man wird einen ganz verschiedenen, freilich nicht ganz reinen Ton hören, der aber die höhere Octave ist. Bläst man gar heftig, so entsteht die zweite Octave.

Die Vergleichung dieser beiden Erfahrungen leitet auf den Schluß, daß bei dem schärferen Blasen der längere Luftfaden in der Pfeife sich in zwei gleiche kürze, und bei noch schärferem in deren vier teile, deren Zitterungen also doppelt und vierfach so schnell werden.

Hierauf beruhet die Theorie von den Blas-Instrumenten, welche **Euler** zuerst in seinem lateinischen Tractat von der mathematischen Musik angegeben, jedoch nicht ganz vollendet hat. In den Röhren einiger dieser Instrumente werden die Längen dieser Luftfäden durch das Auflegen der Finger auf die in einer gewissen Folge in die Röhre gebohrten Löcher bestimmt. In den sehr lan-

gen,

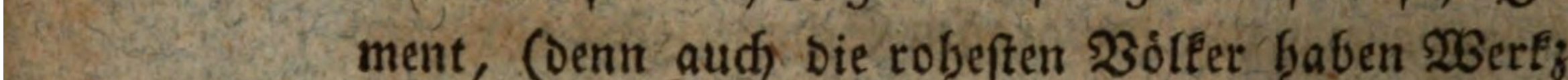
gen, aber eben deswegen krumm gewundenen Röhren der Trompete, des Waldhorns und dergleichen, die keine Löcher haben, kömmt es auf die Art zu blasen an, durch welche der gewundene Luftfaden auf so mancherlei Weise geteilt wird, daß dadurch die Töne mehrerer Octaven hervorgebracht werden; wiewol sich einige dieser Töne, insonderheit einzelne Halbtöne, nicht leicht oder nur von wenigen mit grosser Kunst hervorbringen lassen. Doch nicht ein jedes Blasen, insonderheit kein starkes Blasen, bringt einen Ton heraus. Die hinein geblasene Luft muß sanft schleichend neben der in dem Instrument schon vorhandenen Luft eindringen, sie nicht aus der Röhre des Instruments heraustreiben, sondern blos deren Zitterungen modificiren.

§. 41.

Ich will jezt wieder zu den Saiten-Instrumenten zurükkehren, um von der grossen Schwierigkeit etwas im Allgemeinen zu sagen, welche die genaue Stimmung derselben hat, in der die Mathematik zwar sehr zu Hülfe kömmt, aber sie nicht ganz heben kann. Die Regel und Methode dieser Stimmung hat schon die Alten so sehr beschäftigt, daß die Musik schon in der Reihe der mathematischen Wissenschaften bei ihnen stand, als sie derselben nur noch vier ausser ihr zählten, nemlich Arithmetik, Geometrie, Optik und Astronomie.

Zwar

Zwar ist eine jede einzelne Saite aller möglichen Stimmnngen fähig, indem man sie bei gleicher Spannung und Dikke in allen möglichen Verhältnissen, selbst den irrationalen, einteilen kann. Auch mehrere Saiten eben desselben Instruments können zu allen Tönen gestimmt werden. Die menschliche Stimme gibt ebenfalls in dem Umfange, welchen die Organe bei einem jeden einzelnen Menschen erlauben, ebenfalls alle ersinnliche Töne an. Aber man verlangt in der Stimmung der Saiten eines Instruments, deren jede ihren besondern Ton hat, wie das Clavier ist, und in der Stimmung der an Zahl mindern Saiten anderer Instrumente z. B. einer Violine, durch den Grif des Spielenden eine Harmonie der Töne, die sich freilich nach den §. 32. angegebenen Gründen richten soll und auch aufs genaueste richten kann, wenn das Werkzeug nur wenig Töne bekömmt. Das älteste nach Regeln verfertigte musikalische Instrument, (denn auch die rohesten Völker haben Werkzeuge mehr des Schalls, als der Musik) war die Leier der Alten, die aber nur vier Töne in Einer Octave hatte, nemlich A. D. E. 'a. Die Einteilung der Saiten, unter Voraussetzung gleicher Dikke und Spannung war die in untenstehender Linie sich darstellende.



Es bestand also zwischen A und D die Einteilung, wie 1 : $\frac{3}{4}$, welche nach §. 37. vier Schwingungen der kürzern

gegen

gegen drei der längern Saite, und folglich diejenige gefallende Harmonie gibt, welche man die Quarte nennt. Eben diese bestand auch zwischen E und a: denn $\frac{1}{2}$ ist $\frac{3}{4}$ von $\frac{2}{3}$: Folglich waren hier zwei Quarten; aber auch 2 Quinten, eine zwischen A und E. ($\frac{2}{3}$), und die zweite zwischen D und a: denn $\frac{1}{2}$ ist $\frac{2}{3}$ von $\frac{3}{4}$. Ein solches Instrument ist also zu nichts weiterem brauchbar, als den menschlichen Gesang zu begleiten, und in denselben mit einzuschallen, wenn er auf diese 4 Töne trift, zwischen denen diese gefallende Harmonie besteht, welche die Quarte und die Quinte gibt. Als man aber diese Instrumente vollkommner und fähig machen wollte, in mehrere Töne des menschlichen Gesanges, aber noch immer nach diesen gefallenden Harmonien einzustimmen, so entstand schon eine Schwierigkeit, diesen eingeschobenen Tönen solche Verhältnisse zu geben, in welchen sie richtige Quarten und Quinten einer von dem andern abgeben könnten. Noch war diese Schwierigkeit in den Instrumenten der Alten so weit überwunden, als sie der Octave die acht Töne

C.	D.	E.	F.	G.	A.	B.	H.	C.
1	$\frac{9}{10}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{1}{2}$

mit den untergesezten Abteilungen gaben, daß dieser zufolge alle Töne ausser H ihre richtigen Quarten und Quinten in derselben Octave, oder die lezten Töne sie in der folgenden höhern Octave fanden. Das zu dieser Stimmung angewandte System der Alten, von welchem man glaubt, daß es bis in das sechszehnte Jahrhundert sich

erhalten

erhalten habe, ward das Diatonische benannt. Noch jezo sind zehn griechische Schrifsteller vorhanden, die über dasselbe geschrieben haben.

Als man aber in spätern Zeiten durch die Instrumental-Musik Einerseits den menschlichen Gesang in dessen ganzem Umfange und Biegsamkeit zu verfolgen, aber auch durch Töne der Instruniente, die über deren Umfang hinaus gehen, denselben zu begleiten suchte, anderseits aber eben dieselbe mehr, als bei den Alten, als eine Musik für sich benuzt ward, hatte man an diesen Tönen der Octave nicht genug. Die Erfindung der Orgel, des nunmehr vollkommensten musikalischen Instruments, kam dazu. Was an keinem andern möglich ist, nemlich ihm den Umfang von zehn vollen Octaven zu geben, ward an diesem möglich. Sie war zum gottesdienstlichen Gebrauch bestimmt, den vereinten Gesang mehrerer tausender, durch das Vorspielen vorzubereiten und anzufeuern, ihn nicht nur zu verfolgen, sondern mit harmonirenden stärkern und tiefern Tönen, als welche irgend eine menschliche Stimme angeben kann, zu begleiten. Zu allen diesen Absichten hatte die Octave aller Instrumente noch nicht Töne genug. Die Orgel konnte z. B. keine Terzen in ihrem Dreiklang mit anwenden, sondern mußte dem Sänger überlassen sie zu treffen. Sie konnte nicht aus jedem Tone spielen, weil die Töne, die in Einer Tonfolge sich vollständig fanden, in einer andern ihr fehlten.

Daraus entstand eine Vermehrung von vier halben Tönen Cis, Dis, Fis, Gis in jeder Octave, aber auch

eine

eine gänzliche Unmöglichkeit, den bis daher von mir angegebenen physisch-mathematischen Grundsäzen gemäß diese zwölf Töne einzuteilen. Es ward zur Nohtwendigkeit, in der Stimmung jedes einzelnen Tones hier etwas abzunehmen, dort etwas zuzugeben, und die mathematische Genauigkeit zu verlassen. Kurz, es war eine sogenannte **Temperatur** nötig.

Ueber dies mehrere und mindere haben sich dann die Meinungen der neuern Musikverständigen so geteilt, und selbst in ihrem praktischen Verfahren sind sie so von einander abgegangen, daß ich hier die Grenze meiner Erläuterungen sezen muß. Nur der sogenannten **gleichschwebenden Temperatur** will ich erwähnen, weil deren Grund für meine Leser gewiß der faßlichste ist. In dieser werden die Saiten Einer Octave nach denen zwölf geometrischen Proportionalzahlen bestimmt, welche von 2 bis 1 gehen, oder deutlicher, zwischen C und c nach denen eilf Proportionalzahlen, welche zwischen 2 und 1 fallen. Es ist für meinen Zweck genug, den Anfang dieser Reihe hieher zu setzen; C 2,00000. Cis 1,88774; D 1,78179. Dis 1,68179 u. s. f. Wer nur dasjenige sich gemerkt hat, oder wieder nachsieht, was ich §. 37. 38. der Arithm. von der Berechnung solcher mittlern Proportionalen angegeben habe, der weiß, daß sich solche Zahlen auch in den kleinsten Brüchen nie ganz genau berechnen, folglich auch die darnach bestimmten Maassen sich nimmer genau nehmen lassen.

Nach den oben §. 38. angegebenen mathematischen Gründen der Harmonie würden die nach diesen Zahlen bestimmten Saiten in einer unendlichen Zahl von Schwingungen doch nie ganz genau zusammen treffen. Wenn C mit F als seiner Quarte zugleich angeschlagen wird, so wird nach der Theorie die 2000ste Schwingung der Saite F noch nicht mit der 1498sten der Saite C zusammen treffen, da doch die gute Harmonie dieser beiden Töne darin sich gründen soll, daß die vierte Schwingung von F mit der dritten Schwingung von C zusammen trift. Man sieht also hier das Beispiel einer Theorie, welche sich nicht in vollkommener Schärfe in der Praktik befolgen läßt. Ist nun gleich diese gleichschwebende Temperatur, nachdem sie eine Zeitlang Beifall gehabt, wieder verlassen worden, so findet sich doch die Uebereinstimmung in den andern Systemen jener Theorie nicht viel gemässer, als in diesem. Ein anders System, welches den Namen der ungleichen Temperatur führt, gehet in nachstehender Einteilung fort. C. 200,000 Cis 189201. D. 178582 u. s. f. Andre haben ebenfalls in sehr kleine Brüche laufende Einteilungen. Wer von dieser Sache mehr wissen will, dem empfehle ich die Lesung der Artikel Stimmung, System, Temperatur in **Sulzers Theorie der schönen Künste** Leipz. 1787. welche von dem berühmten Kirnberger abgefaßt sein sollen, der auch sein besonders System hatte, welches in diesen Artikeln vorzüglich empfolen wird.

§. 42.

Das Organ des Gehörs in Landtieren ist zwar nach allen seinen Teilen durch die Anatomie genug bekannt und in vielen Büchern beschrieben. Aber was ein jeder Teil zur Deutlichkeit des Gehörs beitrage, darüber ist man fast eben so ungewiß, als man bei dem tierischen Auge von jedem Teile gewiß ist, warum er da sei, und was er zum deutlich sehen wirke. Ich will nur ein Paar Worte von demjenigen Teil sagen, in welchem man den Grund der deutlichen Unterscheidung der Töne, und warum Ein Ohr weniger, ein anders mehr musikalisch sei, zu finden glaubt. Dieser Teil ist die Schnekke, ein knöchener dreimal schnekkenförmig gewundener Gang. Er ist hohl, und so klein er ist, so enthält er seiner ganzen Länge nach ein Häutchen, aus welchem eine unendliche Zahl kleiner nervichter Fasern hervortrit, welche von Anfang bis zu Ende aus an Dikke und Elasticität, wie man annimmt, abnehmen. Man stellt sich dieselben als eine unbestimmbare Zahl von Saiten vor, deren jede durch den von aussen an sie fallenden Ton, der mit ihr harmonirt, eben so in Zitterung gesezt wird, wie durch das Anschlagen Einer Saite eine andere auf denselben Ton gestimmte in Zitterung gesezt wird, und wirklich mitklingt. Dadurch, glaubt man nun, werde der Seele die Empfindung von jedem bestimmten Ton zugeführt, und es folgt natürlich daraus, daß, je feiner dieses Organ gebauet, desto genauer und bestimmter das musikalische Gehör eines Menschen sein müsse. So

weit

weit geht mit dieser Erklärung alles gut. Aber man muß aufhören, die Schnekke als ein zum feinen Gehör durchaus nothwendiges Organ anzusehen, da sie in den Ohren der Vögel fehlt. Man möchte sagen: Vielleicht hören Vögel nicht so bestimmte Töne, als die Menschen, und treiben ihren Gesang mechanisch, ohne zu wissen, was sie singen, oder singen, wie das Sprichwort sagt, blos, wie ihnen der Schnabel gewachsen ist. Allein dieser Gedanke hat nicht Statt, wenn man bedenkt, daß man so viele Vögel abrichten kann zu singen, nicht wie ihnen der Schnabel gewachsen ist, sondern wie man ihnen vorgepfiffen hat. Das aber wäre nicht möglich, wenn sie nicht eine bestimmte Sensation von jedem derer Töne hätten, welche sie nachahmen.

Man hat bis zu unsern Zeiten gezweifelt, ob die Fische den Sinn des Gehörs haben. Artedi, ein Schriftsteller des vorigen Jahrhunders, dessen Werk von den Fischen noch immer einen hohen Wehrt behält, behauptete das Dasein der Gehörorgane in ihrem Kopfe. Jezt pflichtet ihm fast jeder Naturkündiger bei, und man glaubt, in zwei Hölungen derselben knorpelichte Teile gefunden zu haben, die den Gehörknochen in dem tierischen Ohre sich ähnlichen. Da nun diese Hölungen Luft beschliessen, so geht die durch das Wasser fortgepflanzte Erschütterung der Luft über dem Wasser sehr wahrscheinlich in die Luft über, welche in diesen Hölungen beschlossen ist, und wird auch da das Mittel zur Erwekkung eines Schalls in diesen Organen.

Inhalt der Aerometrie.

Einleitung : : : : Seite 107

§. 1. Alltägliche Erfahrung von dem Dasein der Luft S. 109

— 2. Notwendigkeit künstlicher Erfahrungen, durch welche ein grosser Raum von der Luft leer gemacht wird : : : : S. 110

— 3. Erste Erfahrung von einem Druck der Luft an einer mit Quekſilber gefüllten über 30 Zoll langen Röhre : : : : S. 112

— 4. Hiemit verband ſich eine Erfahrung von der Abwechſelung in dieſem Drukke der Luft : : S. 112

— 5. Leichter Weg ſich zu überzeugen, daß die Luft die wirkende Urſache in dieſer Erfahrung ſei : S. 113

— 6. Erfindung der Luftpumpe und durch ſie geſchafte Ueberzeugung, daß die Luft ein ihr eigenes Gewicht habe : : : : S. 114

— 7. Uebereinſtimmung des Druks der Luft auf das Waſſer mit dem, den ſie auf das Quekſilber übt : : : : S. 114

— 8. Es kömmt bei dem Druk der Luft, ſo wie bei dem Druk der wäſſerigten Körper alles auf die Höhe und auf die Fläche an, auf welche ſie drükt : : : S. 115

— 9. Warum dieſer ſo mächtige Druk dem tieriſchen Körper nicht empfindbar ſei, wenn er gleich Körper zerbricht, die keine Luft auf allen Seiten haben : : : : S. 118

— 10. Wie die Höhe der Luft, durch das Barometer ſich beſtimmen würde, in der Vorausſetzung, daß ſie, wie das Waſſer, gleiche Dichtigkeit habe S. 119

§. 11. Von der Federkraft der Luft und ihrer dadurch mit der Höhe sich verändernden Dichtigkeit S. 128

— 12. Veränderung dieser Federkraft mit jedem Grade der Wärme. Sie nimmt vermöge derselben jeden ihr freigelassenen Raum ein ; S. 123

— 13. 14. Gründe zur Berechnung der Höhe der ganzen Atmosphäre ; ; ; S. 125

— 15. Messung der Höhe der Berge durch das Barometer. ; ; ; ; S. 127

— 16. Schwierigkeit dieser Messung aus den Veränderungen der Federkraft und Schwere der Luft, und wie man dennoch durch eine Reihe von Beobachtungen die Erhebung eines jeden Orts über die Meeresfläche gewisser maassen ausmachen könne ; ; S. 128

— 17. Wie die Luft durch die Luftpumpe aus einem beschlossenen Ort gezogen werde: daß dieser Raum nie so leer von Luft werden könne, als der, welcher in dem Barometer oberhalb dem Quekfilber bleibt ; ; ; S. 130

— 18. Wie der blosse Druk der Luft im Maschinenwesen angewandt werden könne ; ; S. 134

— 19. In wie fern das Barometer eine Anzeige der Witterung gebe ; ; ; S. 136

— 20. Was zur Vollkommenheit eines Barometers in dieser Absicht gehöre ; ; S. 131

— 21. Von den Thermometern oder Wärmemaassen und deren Verfertigung ; ; S. 140

— 22. Von den verschiedenen Regeln, die Maassen an denselben zu bestimmen ; ; S. 145

— 23. Von verschiedenen andern Instrumenten zur Schätzung der Wärme. Fig. * ; ; S. 148

§. 24. Die Dichtigkeit der Luft kann sich verändern, ohne daß deren Federkraft sich verändert. Vom Manometer, oder dem Werkzeuge zur Schätzung dieser Veränderung : : S. 151

— 25. Von einigen andern Werkzeugen zur Schätzung zufälliger Veränderungen in der Luft : : : S. 153

— 26. Von keinem Körper läßt sich das reine Gewicht in freier Luft genau erfahren : : S. 154

— 27. Meine Meinung von dem eingeschränkten Nutzen vieljähriger Wetterbeobachtungen, und der vergeblichen Hofnung zu einer Theorie über die Witterung zu gelangen : : S. 156

— 28. Vorbereitung zur Erklärung der Luft-Schiffart : : : : S. 161

— 29. Von den verschiedenen Luft-Arten, und rohe Rechnung über einen Luftball : S. 163

— 30. Nähere Berechnung über ebendenselben S. 168
Anmerkung. Beschreibung eines zur Schätzung der Veränderungen in der Schweerkraft anwendbaren Instruments S. 173

— 31. Von elastischen Dünsten, warum dieselben nicht einer ähnlichen Theorie, wie die Luft, fähig sind : : : : S. 177

— 32. Nur die Dünste des siedenden Wassers sind bisher einer durch Rechnung bestimmbaren Anwendung im mechanischen Gebrauch fähig, wie man denn dieselbe wirklich in England zur Treibung grosser Mühlenwerke anwendet S. 181

Von dem Schall und den mathematischen Gründen der Tonkunst.

§. 33. Der Schall ist eine in der Luft erregte Kraft, nicht Bewegung der Masse derselben; Fortgang des Schalls in einer bestimmten Zeit; die Kräfte überhaupt durchdringen sich, welches die körperlichen Massen selbst nicht tuhn . . . S. 184

— 34. In wie fern man Weiten durch den Schall messen könne . . . S. 186

— 35. Wie ein Wiederhall entstehe und dem Gehör empfindbar werde . . . S. 188

— 36. Entstehen bestimmter Töne durch bestimmte der Luft mitgeteilte Zitterungen; Erläuterung davon an einem sogenannten Monochord . S. 192

— 37. Entstehen gefallender Harmonien aus dem Verhältnis der Zahlen dieser Schwingungen S. 194.

— 38. Bestimmungen dieser Schwingungen durch die Länge, Dikke, und den Grad der Spannung tönender Saiten. Etwas von Klokken S. 197

— 39. Wie die Töne sich in Blasinstrumenten bestimmen . . . . S. 199

— 40. Schwierigkeit in Stimmung mehrerer Saiten zu einer gefallenden Harmonie. Von den verschiedenen Systemen darüber . S. 201

— 41. Einige Anmerkungen über das tierische Ohr S. 207

Von Seite 161. an ist die Zahl der §. §. im Text irrig, welchem Fehler durch diesen Inhalt aus die demselben beigedruckte Seitenzahl abgeholfen wird.

Hydraulik.

Erster Abschnitt.

Von der Bewegung des Wassers überhaupt.

§. 1.

Wenn solide Körper in Bewegung geraten, so bewegen sie sich in Einer Masse fort, und zur Beurteilung und Bestimmung ihrer Bewegung ist es genug, wenn man die Bewegung von drei Punkten in denselben angeben und aus sichern Gründen bestimmen kann. Die Schwerkraft bringt keine Bewegung ihrer Masse hervor, wenn sie auf einer Unterlage ruhn, welche stark genug ist, um dem Druck dieser Schwerkraft zu widerstehen, die alsdann eine todte Kraft bleibt. Auch selbst dann, wann sie auf einer schrägen Fläche liegen, bleiben sie noch in Ruhe, so lange die Schräge dieser Fläche noch so klein ist, daß die Reibung den Eindruck der Schwere aufheben kann, welcher sonst sie längst der schrägen Fläche näher zur Erde führen würde. Bei Körpern, deren Oberfläche, so wie die der schrägen Fläche selbst, natürlich eben und nicht durch viele Kunst polirt ist, hat dies so lange Statt, als noch nicht die

Höhe

Höhe der schrägen Fläche ein Dritteil von der Länge ist. Einzelne Teile können alsdann keine Bewegung besonders annemen, so lange nicht durch irgend eine Kraft oder irgend eine Wirkung der Natur deren Zusammenhang mit der ganzen Masse gestört ist.

§. 2.

Unter ganz andern Umständen entsteht Bewegung der flüssigen Körper, und daher müssen zu deren Erklärung viele neue Gründe zu Hülfe genommen werden, wenn gleich die Hauptgründe sich in der Mechanik der soliden Körper bereits finden. Denn bis dahin hat kein Seitendruk der Teile oder der ganzen Masse Statt, und kein Bestreben zu einer seitwärts gehenden Bewegung wird merklich.

1.) Ihre Teile haben keinen, oder einen äusserst schwachen Zusammenhalt. Dem zufolge entsteht sehr bald eine Bewegung der Teile, welcher die Bewegung der Masse, der diese Teile angehörten, nicht in allen Umständen folgen darf. Selbst in der Bewegung grosser flüssiger Massen lösen deren Teile sich von- und verwerfen sich durch einander, so daß man die Bewegung des Ganzen auch nicht für Einen Augenblik als die Bewegung eben derselben Masse ansehen darf. Eben deswegen ist es in keinem Falle genug, die Bewegung dreier Punkte dieser Masse bestimmt zu haben, und wenn man ja in einzelnen Fällen sich damit begnügt, so gilt dies nur für einen Behelf, von welchem keine Genauigkeit zu erwarten ist.

2.)

2.) Die Teile flüssiger Körper sind äusserst glatt und gleiten daher auf jeder schrägen Fläche, auch bei dem kleinsten Winkel der Schräge fort, um den niedrigsten Ort zu suchen. Ist die schräge Fläche gleich äusserst rauh, so ist der ganze Erfolg davon dieser, daß einzelne Teile der über ihr befindlichen flüssigen Masse zwischen diesen Rauhigkeiten und Vertiefungen festgehalten werden. Aber auch dann wirken sie schon auf eine demnächst zu erklärende Weise auf die Wegstossung und Umbildung dieser rauhen Stellen; das über denselben befindliche Wasser aber wird durch keinen Zusammenhang mit diesen zurükbleibenden Teilen gehindert, über denselben fortzugleiten und den niedrigern Ort zu suchen. Nur kleine Tropfen können durch die anziehende Kraft an einer solchen schrägen Fläche so hängen bleiben, daß sie auch der Schwere entgegen an ihr haften, ja selbst, wenn die schräge Fläche ganz umgekehrt wird, unten an derselben hängen bleiben. Aber sobald die Masse grösser und schwerer ist, als das Vermögen dieser anziehenden Kraft, so erfolgt, was ich gesagt habe.

3.) Eine solche Masse mag so groß sein, wie sie will, und in einen Behälter gefaßt, der für eine Weile die Fortbewegung des Ganzen hindert, so darf doch nur einem Teile dieser Masse ein Weg zur Bewegung geöfnet werden, so erfolgt schon dieselbe. Aber so wie dann durch die Fortbewegung des Teils ein Raum frei wird, zu welchem die übrige Masse sich hinabsenken und dann,

es sei seitwärts oder niederwärts, der Bewegung jener ausgeflossenen Teile folgen kann, so nimmt sie teilweise eben diesen Weg, und nur das bleibt in dem Behälter zurück, was, ohne der Schwere entgegen zu steigen, nicht in diesen Weg gelangen kann.

§. 3.

Die Hydraulik, als eine Wissenschaft, deren Gegenstand die Bewegung des Wassers ist, muß den Anfang mit der Beobachtung der Gesetze dieser Bewegung in kleinen Massen machen, ehe sie dieselben an grössern Massen z. B. in Flüssen anstellen kann. Kleinere Massen sind es auch, deren Bewegung zu leiten und zu zwingen die Kunst mit sicherm Erfolge unternehmen kann, indem sie dieselben in Behälter faßt, durch Röhren leitet, und selbst der Schwere entgegen zu beträchtlichen Höhen hinauftreibt. Dies kann ihr nicht gelingen, wenn sie nicht die Kräfte des Wassers untersucht, mit welchen dasselbe wirket, sobald ihm ein freier Ausfluß, in welcher Richtung es auch sei, erlaubt wird.

Wenn gleich diese Gesetze bei jedem flüssigen Körper auf eine übereinstimmende Art gelten, den ich an seinem Ort in der Hydrost. durch die Benennung: **wasserartig** von den **dunstartigen** unterschieden habe, (wiewol sie bei den klebrigten Flüssigkeiten sich nicht so rein in den Erfahrungen bestättigen) so werde ich doch, wie alle meine Vorgänger, in deren Erläuterung nur immer forthin des

Was-

Wassers erwähnen, wie denn auch die für die Hydraulik nötigen Versuche selten mit andern Flüssigkeiten, als mit diesem, angestellt werden.

§. 4.

Ohne Schwere würden alle diese Gesetze nicht Statt haben. Sie würden sich auch sehr verändern, wenn in dem Wasser mit der Schwere eine solche Kraft, wie die Federkraft der dunstartigen Substanzen, sich verbände, welche unter manchen Umständen der Schwere entgegen wirken und die Teile des Wassers steigen machen könnte. Es kömmt also in diesen Gesetzen fast alles auf den Druk an, den die Teile einer Wassermasse auf einander ausüben. Von diesem Drukke habe ich geglaubt, in der Hydrostatik am besten reden zu können, wiewol ich ihn dort nur als eine todte Kraft betrachtet und nur die Bewegungen dargestellt habe, welche in zusammenhängenden Gefässen oder Röhren daraus entstehen. In andern Abhandlungen wird jedoch auch dieses in die Hydraulik oder vielmehr in die Hydrodynamik, das ist die Wissenschaft von den Kräften des Wassers sowol im ruhigen Zustande als in der Bewegung, gezogen.

Wenn einem Gefässe von einiger Höhe eine Röhre angefügt wird, in welche das Wasser seitwärtsher dringen, dann aber steigen kann, so erhebt es sich bis zu gleicher Höhe mit dem Wasser in dem grössern Gefässe. Fügt man demselben mehrere Röhren in Punkten an, welche

um den vierten Teil der Höhe des Gefässes von einander abstehen, so wird von allen vier Oefnungen aus in jeder Röhre das Wasser in den Verhältnissen 1. 2. 3. 4. steigen, um jene Höhe der Oberfläche des Wassers in dem Gefässe zu erreichen. (Hydrost. § 29 ff.) Es ist also klar, wie bereits dort erwiesen, daß der Druk des obern Wassers auf das untere in der Nachbarschaft dieser vier Oefnungen in dem Verhältnis der Höhen 1. 2. 3. 4. stehe. Dieser Druk verändert sich nicht, wenn man die Röhren, in welchen das Wasser stieg, von den Oefnungen wegnimmt, und dem Wasser einen freien Ausfluß durch dieselben verstattet, zumal, wenn man dafür sorget, daß das ausfliessende Wasser durch oben einfliessendes anhaltend ersetzt werde. Es läßt sich zum voraus vermuten, daß die durch diesen Druk bestimmte Geschwindigkeit des ausfliessenden Wassers, welchem das obere immer nachsinken muß, sich nach denen Höhen bestimmen werde, von welchen her das obere Wasser drukt, und dem ausfliessenden nachsinkt, d. i. daß sie mit der Geschwindigkeit eines Körpers übereinkommen werden, der von eben diesen Höhen frei herabgefallen ist.

Das zeigt denn auch die Erfahrung in der Taht in derjenigen Genauigkeit, welche bei den Bewegungen flüssiger Körper sich einigermassen erwarten läßt, die durch weit mehr Neben-Umstände, als welche auf die Bewegung der festen Körper einen Einfluß haben, gestört werden und folglich weit mehr von dem, was die Theorie angiebt, abweichen.

§. 5.

§. 5.

Dennoch aber muß ich von dieser Theorie über die durch Fall und Wurf bewegten Körper hier teils die Hauptsätze, welche ich in meiner Mechanik §. 6 ff. angeführt habe, wiederholen, teils einige denselben beifügen, welche ich dort übergangen habe, weil ich keinen Anlaß zu Anwendung derselben in der Mechanik voraussah. Diese sind:

1.) Die Körper durchfallen Räume, die sich verhalten wie die Quadrate der Zeiten (Mechan. §. 6.)

2.) Ihre während des Falls immer zunehmende Geschwindigkeit verhält sich wie die Zeiten selbst: z. B. ein Körper, der zwei Sekunden lang gefallen ist, erlangt eine zwiefache, mit drei Sekunden eine dreifache Geschwindigkeit. Ist er demnach in einer Sekunde 15 Schuh gefallen, so würde er mit der bis dahin vermehrten Geschwindigkeit 30 Schuh in der zweiten Sekunde durchfallen. Aber, da seine Bewegung noch das zum Zuwachs bekömmt, was sie in der ersten Sekunde betrug, so fällt er in der zweiten Sekunde nicht nur diese 30 Schuh, sondern noch die 15 Schuh drüber, welche er in der ersten Sekunde durchfiel. Bliebe da seine Geschwindigkeit ohne neue Zunahme, so würde er in den nächsten zwei Sekunden 2×60 Schuh fallen u. s. f.

3.) Eben daraus aber folgt, daß die in jedem Zeitpunkt des Falles erlangten Geschwindigkeiten sich wie die

Qua-

Quadratwurzeln der Räume verhalten, welche der Körper durchgefallen ist. Ist er z. B. nach einander 1. 4. 9. 16. Fuß u. s. f. durchgefallen, so hat er Zeiten dazu gebraucht, die sich wie 1. 2. 3. 4. verhalten, und eben so verhalten sich, vermöge des zweiten jezt eben angegebenen Satzes, die Geschwindigkeiten, die er in diesen Zeiten erlangte.

4.) Wenn ein fallender Körper mit der Kraft, die ihm der Fall mitgeteilt hat, auf irgend einen harten oder elastischen Körper trift, der ihn seinen Weg wieder oberwärts zu nehmen nötigt, oder, wenn eine Verbindung mit andern Körpern ihn hindert, die Bewegung, die er durch den Fall erlangte, mit der dadurch gewonnenen Kraft anders, als der Schwere entgegen oberwärts, fortzusetzen, wie dies der Fall mit dem Pendul ist (Mechan. §. 86.) so steigt er mit der durch den Fall gewonnenen Kraft eben so hoch, als er herabgefallen war.

5.) Ein durch irgend eine Kraft schief geworfener Körper weicht von der Linie der Richtung des Wurfs ab, und seine Bewegung geschieht in einer Parabel. (Mech. §. 6.)

6.) Wenn ein durch die Kraft der Schwere bewegter Körper noch durch eine zweite Kraft gedrukt, fortgetrieben oder geworfen wird, deren Richtung mit dieser Schwere ganz übereinstimmt, so wird seine Bewegung dadurch doppelt geschwind. Bei festen Körpern läßt sich dieses

durch

durch keinen Versuch darstellen. Denn da kann man der Schwere keine Kraft an die Seite setzen, welche genau auf eben die Art und mit gleichem Druk auf den bewegten Körper wirkte, und also dessen Geschwindigkeit verdoppelte.

§. 6.

Daß ich Ursache habe, diese Sätze, deren ich in der Mechanik zum Teil entbehren konnte, hier der Ordnung nach vorzutragen, wird aus folgender Betrachtung klar werden:

Die praktische Mechanik hat nur selten mit fallenden oder geworfenen Körpern zu schaffen. Allein eine jede aus einem Gefäß laufende, aufwärts oder schräge oder horizontal springende oder mit einem gewissen Fall fortfliessende Wassermasse ist anzusehen, als aus unendlich vielen Körperchen bestehend, welche alle schwer sind, und in diesem Hervorfliessen, Springen oder Sinken jeder für sich den Gesetzen der Schwere folgen, und, wenn diese Wirkung für Einen Teil anders als für den andern sich bestimmt, weil derselbe länger gefallen ist oder in eine andere Richtung hineingeräht, sich auf verschiedene Weise fortbewegen müssen, wobei auch der Zusammenhang der flüssigen Masse gestört wird. Ich will eine leichte Erfahrung angeben, die jedermann anstellen kann, um dies wahrzunehmen. Man giesse aus einem nicht kleinen Gefässe eine Masse Wasser nicht zu geschwinde so, daß

es

es anfangs in einem ungeteilten Strahl fällt, aus einem etwas hohen Fenster bei stiller Luft auf die Erde herab. Man wird sehen, daß der Strahl sich eine Weile beisammen hält; aber, wenn das Wasser etwan 20 Fuß herabgefallen ist, so wird sich das untere Wasser von dem Strahle gewaltsam losreissen. Wenn die Höhe sehr groß ist, so reißt sich das Wasser immer mehr aus einander, je länger es gefallen ist. Auf diese Art entsteht der bekannte Staubbach in der Schweitz, dergleichen der Erdboden vielleicht viel mehrere haben mag: ein ziemlich starker Bach, dessen Wasser von dem Rande eines hohen jähen Felsens in Einem Sturze herabzuschiessen anfängt, aber in dem Fall, ehe es zu Boden kömmt, sich in so feine Tropfen zerteilt, daß man es gar nicht fallen hört, wol aber, wenn man sich unter den Fall stellt, einen feinen Staubregen fühlt, in welchem auch die Sonne einen förmlichen Regenbogen entstehen macht.

Die Ursache davon ist diese: das früher ausgegossene Wasser ist länger gefallen, als das unmittelbar darauf ausgegossene: und dessen Bewegung wird in diesem längern Fall mehr beschleunigt, als die des nachfolgenden. Daraus entsteht eine Verschiedenheit in der Geschwindigkeit eines jeden einzelnen Wassertropfens. Zu Anfang ist diese Verschiedenheit nicht groß genug, daß sich der längere Zeit gefallene Tropfen aus dem schwachen Zusammenhange mit dem nachfolgenden trennen könnte. Aber je länger der Fall währt, desto grösser wird diese Verschiedenheit, so daß zulezt kein Tropfen mit dem andern

zu-

zusammenhängt, sondern jeder dem auf ihn besonders wirkenden Eindruck der Schwere folgt, als wäre er eine Masse für sich. Freilich trägt der Widerstand der Luft gegen das fallende Wasser auch etwas dazu bei; aber gewiß nicht viel. Denn die Luft widersteht einer jeden Partikel Wasser, die mit gleicher Geschwindigkeit durch dieselbe zu dringen sucht, auf gleiche Art, und trägt also zur Trennung desselben eigentlich nicht so bei, wie sie es thun würde, wenn ihr Widerstand dasselbe zurük oder in einen andern Weg triebe, wie wenn man Wasser gegen einen Stein sprizt.

§. 7.

Diesem zufolge würde das Wasser jenen Gesezen der Bewegung in kleinern oder grössern Massen auf das genaueste folgen. Aber nun haben in dessen Bewegung verschiedene andere Umstände Statt, welche dieselbe so stören, daß man keine genaue Uebereinstimmung hoffen kann. Denn

1.) Die Luft widersteht der Bewegung des Wassers, wie jeder andern Bewegung, und lenkt sie zumal wenn diese nicht senkrecht ist, in eine andere Richtung.

2.) Das Reiben, insonderheit in den Oefnungen, schwächt den Ausfluß des Wassers gar sehr, wobei es freilich auf die Figur dieser Oefnungen und deren Ver-

hältnis zu der ausfliessenden Wassermasse gar sehr ankömmt.

Wenn eine Masse Wasser aufwärts der der Schwere entgegen springt, so erfolgt das Gegentheil von demjenigen, was ich vorhin von dem senkrecht herabfallenden Wasser angab. Das früher hervorgesprungene Wasser verliert mit jedem Augenblik an seiner Geschwindigkeit, und mehr und mehr, je länger es gesprungen ist. Der Unterschied ist bey dem ersten Hervorspringen minder beträchtlich, als wenn es höher gestiegen ist, und vollends wenn es den höchsten Punkt erreicht hat, da es wieder zu sinken anfängt. Es wird also das nachkommende Wasser immer von dem vorausgehenden zurükgehalten. Bei einem senkrechten Sprunge fällt jenes auf dieses grade in sich zurük, und drükt das ihm nachspringende Wasser für eine Weile nieder, bis es zur Seite abgeflossen ist. Daher ist dann auch der Sprung höher, wenn er etwas seitwärts gehet.

Man hat ein leichtes Maas der Geschwindigkeit des aus einem Gefässe hervorspringenden oder unten durchfliessenden Wassers an dessen Menge, wenn man diese mit einiger Sorgfalt und unter richtiger Bestimmung gleicher Zeiten mißt. Denn da das Wasser sich nicht zusammendrükken läßt, indem es durch die ihm gemachten gleichen Oefnungen hervordringt, so ist klar, daß, wenn z. B. in einer Minute aus Einer Oefnung

dop-

doppelt so viel Wasser als aus der andern hervorläuft, jenes sich zweimal so geschwind bewegt haben müsse. Bei ungleichen Oefnungen muß man freilich auf deren Durchschnittsfläche, nicht auf den Diameter rechnen. Aber dann läßt sich auch bei genommener Rücksicht auf diese sehr scharf berechnen, wie viel geschwinder es durch die eine oder die andere Oefnung geflossen sei. Wenn z. B. eine dieser Oefnungen 2 Linien, die andere 4 Linien im Durchmesser hat, so würde letztere bei gleicher Zeit in gleicher Geschwindigkeit viermal soviel Wasser durchfliessen lassen. Wenn sich aber dann zeigte, daß die engere dennoch halb so viel Wasser durchliesse, so wäre es klar, daß dieses Wasser doppelt so geschwind, als durch die weitere geflossen sein müsse.

Nach diesen vorgängigen Bemerkungen werde ich nach der Ordnung der §. 5. angegebenen Sätze, auf welche ich zur Ersparung der Wiederholungen zurückweisen darf, die Erfahrungen beschreiben können, in welchen eine so genaue Uebereinstimmung der Erscheinungen an dem ausfliessenden oder springenden Wasser sich zeigt, als man nach den Vorbemerkungen §. 7. einigermassen erwarten kann. Doch würde es mich zu weit führen, die künstlichen Werkzeuge genau zu beschreiben, durch welche sorgfältige Naturforscher diese Versuche zu einer möglichst genauen Darstellung eingerichtet haben. Ich werde aber nicht unterlassen dasjenige teils unmittelbar in der Darstellung dieser Erfahrungen, teils in der

Folge anzugeben, was für die practische Hydraulik Nuzbares aus derselben folgt.

§. 8.

s'Gravesande hat am besten in dem die Hydraulik betreffenden Teile seiner Physik die Werkzeuge derer Versuche beschrieben, durch welche die Grundwahrheiten der Hydraulik auf das anschaulichste dargethan werden. Er richtete sie so ein, daß seine Versuche noch frei von denen Nebenumständen blieben, welche den Erfolg anders bestimmen und ihn zum Gegenstand tiefsinnigerer Untersuchungen machen, als auf welche ich bei meinem Zwek mich hier einlassen kann. Ich will mich also, wie auch Herr Kästner in seiner Hydraulik mehr als der sel. Karsten getahn hat, vorzüglich an diese halten.

1) Daß das Wasser dem Gesez des Falls solider Körper folge, und daß es Räume durchfalle, die sich wie die Quadrate der Zeiten verhalten; läßt sich an dem senkrecht fallenden Wasser keiner solchen Erfahrung unterwerfen, die bei den festen Körpern schon äusserst schweer fällt. Allein die Erfahrungen, die das sechste Gesez (§. 5.) bestättigen, dienen auch zu einem Beweise von diesem ersten.

2) In denen Erfahrungen, die das zweite Gesez bestättigen, muß das Wasser im horizontaler Richtung hervorschiessen können. Dann fällt es freilich sogleich

in

in eine krumme Linie, nemlich die Parabel, durch die Einwirkung der Schwere. Der Weg aber, um welchen es vorwärts flieget, ist die Wirkung seiner beim Ausfluß gehabten Geschwindigkeit. Und hier zeigte sich in Gravesands Versuch, daß das Wasser aus einer Oefnung, die 18 Zoll unter der Oberfläche des Wassers im Behälter war, fast doppelt so weit, nemlich 34½ Zoll, das ist wenig minder als 36 Zoll, vorwärts geflogen war; eben wie eine Kugel, die 18 Zoll hoch gefallen ist, in einer gleichen Zeit den doppelten Weg machen würde, wenn deren Geschwindigkeit nicht im Weiterfallen noch vermehrt würde.

3) **s'Gravesande** hatte seinem Gefässe Oefnungen, alle einen halben Zoll weit und in verschiedenen Höhen, gegeben, berechnete die ausfliessende Masse Wasser in völliger Gleichheit, nemlich der eines rheinländischen cylindrischen Fusses, schäzte die Zeiten, in welchen diese gleiche Masse ausfloß, auf das genaueste, und fand nun **für gleiche Zeiten das Verhältniß des ausfliessenden Wassers dem Verhältnis der Quadratwurzeln ihrer verschiedenen Höhen sehr nahe kommend.** **Guiliel-mini**, ein Italiäner, dem die Hydraulik sehr viel zu verdanken hat, machte diese Versuche in einem andern Wege mit einem vier Fuß hohen Gefässe, dessen Höhe von 3 zu 3 Zoll eingeteilt war, und in diesen 16 verschiedenen Höhen gab er demselben Oefnungen von ¼ Zoll im Durchmesser. Das Gewicht des in diesen 16 Versuchen

suchen in gleicher Zeit hervorspringenden Wassers nahm von 124 bis auf 34 Unzen in einem Verhältniß ab, welches ebenfalls dem Verhältniß der Quadratwurzeln dieser verschiedenen Höhen sehr nahe kam, welches Herr Kästner in einer Tabelle §. 96. seiner Hydrodynamik genauer dargetahn hat. Von allen Wahrheiten der Hydraulik trift diese mit der Erfahrung so genau zu, daß man sich in der Ausübung sehr fest darauf verlassen kann.

4) s'Gravesande fügte der untersten Oefnung seines Gefässes eine aufwärts gebogene Röhre an, die mit einem Hahn verschlossen war. Als er diesen öfnete, sprang das Wasser beinahe zu eben der Höhe, die das Gefäß in dem Behälter hatte, doch höher, als er die Röhre seitwärts lenkte, und den Sprung schief machte.

Dies ist freilich das Naturgesez, nach welchem alle Springbrunnen sich richten sollten. Allein die Erfahrung entspricht demselben nur bei kleinen Höhen, und wenn der Behälter sehr viel mehr Wasser hat, als der Sprung ihm entführt. Hier mischen sich mehr Umstände, die den Gesetzen der Bewegung entgegen wirken, ein, als in allen andern Versuchen und Anwendungen, welche die Praxis davon macht. Ich werde mehr davon sagen, wenn ich von denen Maschinen, die zu der Bewegung des Wassers dienen, insbesondere reden werde.

5) s'Gravesande brauchte, um dieses fünfte Gesez

§. 5. zu beweisen, Queckſilber, welches er in allerlei Richtungen und durch den Druk von verſchiedenen Höhen her, durch eine Art von Springbrunnen hervorſpringen ließ. Denn hier hatte er einen feinen, ſeinen Weg genauer bezeichnenden Strahl von einer flüſſigen Subſtanz, die feſter zuſammenhält und den Widerſtand der Luft beſſer überwindet, als das Waſſer. Auf einer daneben geſtellten Tafel bezeichnete er die Wege dieſer Strahlen, welche alle ſehr genau mit der Parabel überein kommen. Ich habe ſchon oben mich veranlaßt geſehen, zu bemerken, daß auch das horizontal hervorſpringende Waſſer ebenfalls eine Parabel oder Wurflinie beſchreibe. Da geht dann die Sache eben ſo zu, als in demjenigen Verſuche, welchen ich §. 6. der Mechanik beſchrieben, und dabei erläutert habe, daß das Fallen der Körper in dieſer Wurflinie eine Folge der Einwirkung der Schwere in deren horizontale Bewegung ſei, welche, ohne dieſe eigentlich aufzuheben, dieſelben Räume durchfallen macht, welche ſich wie die Quadrate der in der gleichförmigen Horizontalbewegung ſich bezeichnenden Zeiten verhalten.

6) Wenn ich oben bei Erwähnung derer Verſuche, welche das dritte Geſez der Bewegung an dem Waſſer beſtätigen, das Verhältnis des ausflieſſenden Waſſers in verſchiedenen Höhen angegeben habe, ſo war damit noch nicht angegeben, wie ſich die ausflieſſende Maſſe zu der auf die Oefnung drükkenden Waſſerſäule eigentlich verhalte. Hier zeigen nun s'Graveſandes und anderer Verſuche,

sucht, daß sowol bei einer Oefnung in dem Boden eines Gefässes, als bei einer seitwärts angebrachten das ausfliessende Wasser ungefähr zweimal so viel betrage, als die Wassersäule, welche auf dieses Loch drükt, wenn nemlich die Höhe des Wassers in dem Behälter durch das Ausfliessen sich gar nicht oder unmerklich veränder. Es werde z. B. in einem 15 Schuh hohem Behälter eine Oefnung mit einem so bestimmten Durchmesser angebracht, daß die über derselben sich befindende Wassersäule 10 Pfund schwer sei. Diese Wassersäule allein würde in einer Sekunde ganz durch die Oefnung schiessen, aber so schiessen wirklich in einer Sekunde beinahe 20 Pfund herdurch. Die Ursache ist diese: die Wassersäule allein, ausser allem Zusammenhang mit dem übrigen Wasser gedacht, würde durch die reine Wirkung das Schwere, in einer Sekunde so gut, wie eine solide Masse von gleicher Form, herabfallen, und freilich unterhalb der Oefnung sich aus den oben §. 6. erläuterten Gründen auseinander reissen. Aber nun wirkt ausser dieser Schwere noch eine zweite Kraft auf dieselbe, nemlich der Druk des sie umgebenden Wassers in dem Behälter. Dieser Druk ist nach den §§. 33. 42. der Hydrostatik angegebenen Gründen gleich der Schwere eben diese Wassersäule. So wie dieselbe durch das Loch durchzuschiessen anfängt, so preßt das sie umgebende Wasser auf alle niederwärts schlüpfende Teile derselben mit eben der Kraft, mit welcher es bis dahin die ruhende Säule in ihrem Ort erhielt. Sie wird also ausser der Schwere

von

von einer andern eben derselben gleichen Kraft gedrükt, und so verdoppelt sich die Wirkung, welche durch die Schwere allein erfolgen würde. Ohne meine Bemerkung ist klar, daß freilich keine solche Wassersäule, so wie sie über der Oefnung stehet, durch dieselbe fallen, sondern immer andre und andre Teile, die bis dahin nicht dieser Wassersäule angehörten, sich zu der Oefnung drängen, und mit durchschiessen werden. Aber in jedem unendlich kleinen Teile dieser Sekunde ist doch immer eine gleiche Wassersäule unter der Vorausseţung über der Oefnung, daß die ganze Oberfläche noch nicht merklich mitsinkt, und auf diese drükt dann immer das sie umgebende Wasser auf eben die Art, wie es auf die vor dem Ausfluß ruhig über der Oefnung stehende Wassersäule drukte, und wirkt fortdaurend so auf die sich unabläſſig verändernde Wassersäule, wie sie beim Anfang des Fallens auf die erste drükte.

§. 9.

Es ist nötig, hier die Hauptumstände zu erwähnen, welche den Erfolg von diesen Versuchen sehr abweichend machen, und nicht blos so, wie die §. 6. angegebnen von der Natur herrühren, sondern von Unbequemlichkeiten und Nachteilen, welche die Kunst nur selten vermeiden kann, wenn sie das Wasser diesen Naturgeseţen gemäß in Wirkung seţen will. Das erste von diesen ist, daß man nur selten das Wasser durch kleine Oefnungen

aus

aus grossen Behälter wegfallen lassen, oder ableiten kan, ohne ihm seinen Weg durch lange Röhren anzuweisen, in welchen es durch Reiben und Anhängen gar sehr aufgehalten wird. Freilich ist wahr, daß je weiter diese Röhren sind, desto geringer dies Reiben werde. Denn dies geht an den innern Flächen der Röhren vor, welche sich wie die Durchmesser verhalten, wenn dagegen die in den Röhren enthaltnen Massen Wassers sich wie die Quadrate eben dieser Durchmesser verhalten. Wenn daher von zwei solchen Röhren Eine doppelt so weit, als die andere ist, so reibt sich eine vierfach grössere Masse an einer nur zweimal so grossen Fläche. Aber man kann es doch mit diesen Weiten der Röhren nicht höher treiben, als andere Umstände es erlauben.

Auch der wichtige Umstand kömmt dazu, daß man diese ableitenden Röhren nur in wenigen Fällen senkrecht machen kann, sondern dem Wasser einen schwachen Abfall durch Röhren geben muß, die eben deswegen um so viel länger werden, und mit so viel mehrerer Fläche das durch sie fliessende Wasser aufhalten.

In der Figur derer Oefnungen, durch welche das Wasser zum Ausflus kömmt, versieht es die Kunst gewöhnlich ohne Noth. Denn durch die Erfahrung ist schon längst ausgemacht, daß die vortheilhafteste Figur die eines runden glatten Loches in einer platten Scheibe ist.

Ich

Ich will jezt diese allgemeinen Regeln, nach welchen das Wasser in seiner Bewegung sich verhält, auf die Erläuterung solcher Vorfälle anwenden, welche das bürgerliche Leben vorzüglich interessiren, und den Anfang bei der Bewegung der Flüsse machen, wenn gleich dies nicht die gewöhnliche Ordnung in Büchern ähnlichen Inhalts ist. Aber hier wirkt die Natur mit mehrerer Ungebundenheit, als in den nachher zu erläuternden Maschinen, und wir werden noch auf manche Regel geraten, welche in diesem ersten Abschnitt nicht Plaz fand.

Zweiter Abschnitt.

Hydraulische Grundsäzze zur Leitung der Flüsse.

§. 10.

Ich kann mir nicht verbieten, etwas über die Gründe der Kunst, durch welche man, vorzüglich in neuern Zeiten, die Flüsse teils zu leiten, teils den Ueberschwemmungen, die sie anrichten, zu begegnen, auch deren Versandung zu hindern gelernt hat, beizubringen. Freilich ist dies die Kunst nur weniger Mitglieder einer bürgerlichen Gesellschaft, und man hat Ursache zufrieden zu sein, wenn in manchem grossen Staat nur einzelne Männer gefunden werden, auf die man sich verlassen kann, daß sie dies Geschäfte verstehen. Aber desto mehr Bürger eines solchen Staates gewinnen oder leiden durch richtige oder falsche Ausübung dieser Kunst, je nachdem dieselbe von Männern ausgeübt wird, die mit deren Gründen hinlänglich bekannt sind, oder nicht. Freilich gehört

der

der praktische Teil derselben demjenigen Teil der Baukunst an, welchen man die Wasserbaukunst nennt, von welcher ich nebst den übrigen Bauwissenschaften eine dem Zwek, den meine bisherigen Arbeiten dieser Art entdekken, gemässe Ausarbeitung bald zu vollenden hoffe. Indessen gehören die Gründe davon der Hydraulik so sehr an, daß ich ihnen nur hier den rechten Ort geben zu können glaube, zumal da dieselbe in einem genauen Zusammenhange mit demjenigen stehen, was ich bis hieher vorgetragen habe.

§. 11.

Die Gewässer, welche die Natur über bewohnbaren Teilen des Erdbodens sich sammeln läßt, sind entweder stehende oder fliessende. Doch sind wenige der erstern Art, welche nicht einem fliessendem Wasser den Ursprung geben, indem sie sich ihres Ueberflusses durch dasselbe entledigen. Der gewöhnlichste Ursprung des letztern aber ist eine Wassermasse, welche sich unterhalb der Oberfläche der Gebirge, Hügel und sanfter Anhöhen gesammelt hat, und sich einen Weg an deren Fusse, oder schon höher an denselben öfnet. Ich überlasse es der Naturlehre, die Ursachen dieses Sammelns und Hervorquillens der Gewässer unter der Erdfläche zu erklären, in welchen jedoch vieles nur gemuhtmaßt, weniges durch die Erfahrung zuverlässig bestätigt werden kann. Das weitere Fortfliessen derselben aber hat seinen Grund in dem Abhang

der,

der Gegend, durch welche sie sich fortbewegen, bis sie die grossen Wasserbehälter erreichen, die wir Meere nennen, welche die gesenktern Teile des Erdbodens bedekken, die noch jetzt wenigstens zwei Dritteil von dessen Oberfläche ausmachen, wahrscheinlich aber von Jahrtausenden bei weitem den grösten Teil derselben ausgemacht haben.

Freilich ist nicht die einzige Bedingung, ohne welche kein Gewässer fliessen könnte, der Abhang der Erdfläche von dem Orte ab, wo dasselbe zuerst aus der Erde hervorkömmt, oder durch Regengüsse sich sammelt. Man giesse ein Gefäß voll Wasser auf der Mitte eines ganz wagerecht gestellten Tisches aus. Es wird sich nach allen Seiten hin bewegen und von dem Rande des Tisches endlich abfliessen, wenn derselbe nicht mit einem Rande eingefaßt ist, welche diesen Abfluß hindert. Denn wenn gleich die niedrigsten Teile des Wassers von dem Tische, als von einem Grunde getragen werden, über welchen sich weiter fort zu bewegen deren eigene Schweere sie nicht nötigt, so liegen doch Teile über denselben, welche den niedrigern Ort noch finden, indem sie über die untern weggleiten, und die durch nichts als den äusserst schwachen Zusammenhang mit denselben gehindert werden. Was dieser nicht aufhalten kann, stürzt sich nach allen Seiten über die an dem Tisch haftenden Wasserteilchen hin, und so lange ihm nicht ein fester Körper in den Weg gebracht wird, der mit dem Tisch zusammenhaftet, ist noch

noch immer für das öbere Wasser ein niedrigerer Ort da, welchem es zueilen kann.

Man setze einen Fluß, der entweder nahe bei seiner Quelle oder in einem Teile seines Laufes einen ganz wagerechten Boden unter sich hat, so ist die Sache eben so bewandt. Die diesen Boden berührenden Teile würden, völlig in Ruhe bleiben können, und auch die nächst über ihnen befindlichen noch durch die schwache Anziehung zurük halten. Man setze, dieser wirke bis auf eine Linie vom Grunde auf, und der Kanal sei 1 Fuß hoch und breit und 1000 lang, des Wassers Menge aber, das aus dem Behälter oder der Quelle hervorkommt, sei so groß, daß sie in jeden 10 Minuten 1000 Cubikfuß hervorbringe. Diese werden nicht in dem Behälter deswegen stehen bleiben weil der Canal keinen Fall hat. Denn eben mit dem Hervorquillen erhöht sich das Wasser in dem Behälter und der Kanal giebt ihm einen niedrigern Ort, welchem es zufließt. So ist dann längst dem ganzen Behälter das der Quelle am nächsten sich befindende Wasser höher, als das vorausgeflossene, und schießt folglich über dasselbe hin oder demselben nach. Wird das Wasser eine Linie hoch über den Boden ruhig bleiben, so muß das Uebrige noch 143 Linien höher stehende Wasser immer dem Eindruk der Schwere folgen. Doch werde ich hierüber bald noch mehr zu sagen haben.

§. 12.

Aber fast alle Flüsse sowol, als die kleinen Bäche, aus welchen grössere Flüsse entstehen, folgen dem Abhange des Erdbodens unterhalb ihrer Quelle. Hier suchen sie freilich den geradesten Weg von dem höhern zu dem niedrigsten Punkte. Aber nur selten bereitet die Natur ihnen denselben vor, sondern legt vielmehr ihnen allerlei Körper in den Weg, welche sie seitwärts nötigen, und ihren Abfluß unregelmässig machen. Dazu kömmt, daß kein grösserer oder kleinerer Fluß eine etwas lange Strekke durchfliessen kann, wo er durchaus einerlei Erdart unter und neben sich hätte. Die Gewässer wirken demzufolge auf ihren Boden und ihre Ufer auf eine ganz verschiedene Art. Da, wo eine festere Erdart oder wol gar Felsen sich ihnen in den Weg legen, und dem Drange, mit welchem sie sich denselben öfnen wollen, widerstehen, wirken sie destomehr auf die leichtere Erdart, und ersetzen sich das in der Tiefe des Betts, was sie auf der andern Seite nicht in der Breite gewinen können. Durch eben diese Ursache genötigt, lenken sie sich von dem geraden Laufe ab, schlagen auf das entgegengesetzte Ufer über, und auch von diesem wieder zurük, wenn sie dessen Festigkeit nicht mehr durchbrechen können. So wird dann der Andrang des Flusses auf Ein Ufer Ursache eines Anschlages an und folgends eines Abschlags von dem andern Ufer, und Eine Krümmung Ursache einer zweiten, diese der dritten, u. s. f. Man sieht dies nicht nur an kleinen Flüssen, wenn man

eine

eine beträchtliche Strekke derselben übersehen kann, sondern auch in der Darstellung, welche uns die Landkarten von dem Lauf grösserer Flüsse geben. Nur nahe bei ihrem Ausfluß und insonderheit da, wo die eintretende Fluht die Wassermasse periodisch vermehrt und die Macht des mit dem eingefluhteten Wasser ausfliessenden Stroms verstärkt, überwinden sie diese Hindernisse und öfnen sich einen geradern Weg.

Den Anwohnern der Flüsse ist ihr Land wegen dessen gewöhnlich grösserer Fruchtbarkeit von grösserm Wehrt, als denen, die tiefer im Lande wohnen. Man bemüht sich daher, jedem Andrang des Flusses zu begegnen, der dis Land wegzuschmemmen droht. Man fürchtet dessen Ueberschwemmungen, so wolthätig sie auch den Grundstükken werden können, wenn sie in einer Jahrszeit eintreten, da sie minder schädlich sind. Man sezt diesen Dämme entgegen, welchen die gehörige Festigkeit zu geben, eine Wissenschaft und Kunst neuerer Zeiten geworden ist.

§. 13.

Kein Fluß fließt in einem Kanal von so fester Erdart, daß nicht dessen Gewalt fortdauernd schwere und leichtere Teile von demselben los: und mit sich fortrisse, die so lange dem Strome folgen müssen, ungeachtet sie alle schwerer als das Wasser sind, bis sie seitwärts an

einen Ort abtreiben, wo sie vermöge ihrer eigentühmlichen Schweere sich niedersenken können. Der Sand, als die schwerere Erdart, findet diese Ruhe schon an Stellen, wo der leichtere und fettere Schlich sie nicht finden kann. Dieser wird auch von einem schwächern Strome gehindert, sich zu senken, und gelangt endlich dazu, wenn er weit auf die Seite vertrieben ist. Jener aber wird selbst dem Strom oft zu schwer; legt sich in demselben in beträchtlichen Massen an und die Folge davon ist, daß entweder der Strom sich einen andern Weg suchen muß, oder daß das ganze Bett desselben sich nach und nach erhöhet. Hat ein Strom mehrere Arme, so zeigen sich diese Folgen am stärksten in demjenigen Arm, der die gröste Wassermasse abführt. Es ist eine alte Erfahrung, daß diejenigen Arme eines Flusses, die in einem grossen Winkel von dem Hauptstrom abgehen, und, wie man es auszudrükken pflegt, das Wasser desselben einschlurfen, weniger Sand mit sich führen, folglich auch wenlger in Sandbänken absetzen. Eine eben so zuverlässige Erfahrung ist es, daß, wenn der Strom entweder durch Wirkungen der Natur oder durch Unternehmungen der Kunst so in einen Arm abgeleitet wird, daß er mit einer grössern Wassermasse dort hineinfällt, dessen Bette sich so erhöht hat, daß es viele Fuß höher geworden ist, als das anliegende, durch Dämme von demselben abgeschlossene Land. Aber in einem grossen nicht in Arme geteilten Strom entsteht diese Erhöhung zum Schaden mancher Handelsstadt, welche dadurch ihre Seefahrt ganz verliert, oder nur mit immer

sich

sich mehrender Schwierigkeit fortsezt. Als die Handlung, welche vor Alters in dem Mittelländischen Meer sich beisammen hielt, sich in dem mittlern Zeitalter in die vom Ocean begrenzten Länder Europeus verbreitete, entstanden natürlich die großen Handelspläzze an demjenigen Orte der Flüsse, bis zu welchem die Seefahrt gieng, und wo die Flußfahrt anfing. Das ist noch jezt die Lage von London, Hamburg, Bourdeaux, Rotterdam, und Antwerpen, welches aber den Vorteil davon nicht mehr benuzen darf. Aber eben das war auch die Lage von Bremen, von Dortrecht, Rouen, Nantes, Sevilla und mehrern andern Städten an kleinern Flüssen, welche alle diesen Vorteil durch eine solche Erhöhung des Flußbetts verloren haben, daß die Fluht nicht mehr bis zu ihnen stark genug heraufdringen und ihnen grosse Seeschiffe zuführen kann.

§. 14.

Ich habe nur einen Teil derjenigen Vorfälle hier angegeben, in welchen der bürgerlichen Gesellschaft die Kunst wichtig wird, die Ströme so zu lenken, daß sie einerseits nicht Schaden bringen, andrerseits die Vorteile, welche sie insonderheit der Schiffahrt geben, fortdauernd erhalten werden. Die Gründe dieser Wissenschaft und Kunst liegen in dem richtigen Erkenntniß derer Gesetze, nach welchen ein fliessendes Gewässer auf seinen Grund so, wie auf seine Ufer, wirkt. Diese einzusehen, muß man

die Sache auf den einfachen Zustand zurükbringen, in welchem ein Flus sich befinden kann, wenn gleich derselbe in der Natur nur selten vorkömmt. Dieser ist, wenn er in einen Kanal fließt, dessen Ufer zwei parallele ebene Flächen sind, und dessen Boden eine ganz ebene Fläche ist, welche entweder horizontal liegt, oder einen Abhang hat.

Man denke sich (Fig. 1.) den Anfang eines solchen regulären Flusses, in welchen das Wasser, es komme nun, woher es wolle, in A mit der Höhe AB eintritt. Schon bei diesem Eintritt wird eine ungleiche Geschwindigkeit in dem Wasser entstehen. Denn das Wasser in B nimmt eine Geschwindigkeit an, welche von dem Druk in der ganzen Höhe AB abhängt, und fließt in den Kanal auf eben die Art ein, wie ich sie oben §. 4. von dem aus dem Loche eines Gefässes hervorfliessenden Wasser angegeben habe, nemlich mit der Geschwindigkeit, die ein Körper in dem Fall durch AB erlangt. Jede höher ausfliessende Partikel Wassers wird minder gedruckt, und fließt daher langsamer in den Fluß ein. Nun aber bekömmt die ganze Wassermasse einen Zuwachs der Geschwindigkeit durch ihren Fall längst der schrägen Fläche BD, welcher Zuwachs nach mechanischen Gründen sich aus der Perpendicularlinie dieses Falls CD bestimmt. Leztere Geschwindigkeit nimint fortdaurend zu, so wie diese Perpendicularlinie mit der Länge des abhängenden Flußbettes wächst. Erstere kann als unveränderlich angesehen werden. Wenn nun der Fluß mit dieser

Regelmässigkeit eine grosse Strekke fortfließt, so werden die durch den Fall des Bettes BD bestimmten Perpendicularen immer grösser.

§. 15.

Die Folgen davon sind

1.) daß das untre Wasser dem obern voreilt, weil es mit dem ganzen Druk der Tiefe des Flusses fortgepreßt wird. Dadurch muß der Fluß unterhalb niedriger werden, als er oberhalb ist.

2.) Das obere Wasser fällt daher an einer etwas schrägern Fläche herab, als das untere, wodurch dessen Geschwindigkeit vermehrt wird, und der des untern Wassers näher kommt.

3.) Da beide, das obere, wie das untere Wasser, wie alle, es sei perpendicular, oder längst einer schrägen Fläche fallende Körper an Geschwindigkeit gewinnen, je länger sie in dem abfallenden Flusse fortgeflossen sind, und diese Geschwindigkeit immer aus den Perpendicularlinien CD, EF zu schätzen ist, welche zwar um AB als die Tiefe des Flusses unterschieden sind, diese Tiefe aber nicht zu- sondern wie gesagt, mit dem weitern und schnellern Fortfliessen abnimmt, wenn dagegen jene Perpendicularen stark zunehmen, so wird der Unterschied zwischen beiden im Verhältniß immer unerheblicher, und so nähert sich die Geschwin-

schwindigkeit der obern Teile der der untern, und läßt sich in einer grossen Entfernung von der Quelle als beinahe gleich annehmen, da dann auch die Verschiedenheit in der Tiefe, welche, wie oben gesagt, von der grössern Geschwindigkeit der untern Teile herrührt, nicht mehr Statt hat. Es sei z. E. der Fluß bei dem Ausfliessen aus seinem Behälter 2 Fuß tief, und habe in dem ersten Dritteile einer Meile 7 Fuß Fall. Die Geschwindigkeiten der obern Teile sind alsdann aus der Quadratwurzel von 7, die der untern aus der von 9 zu schäzzen, und verhalten sich also ungefähr, wie $2\frac{2}{3}$ zu 3. Auf etwa eine Meile sei der Fall 23. Alsdann verhalten sich beide, wie die Wurzel von 23 zu der von 25. D. i. wie $4\frac{4}{5} : 5$.

§. 16.

Aber ein Fluß kann von seiner Quelle ab in einem so regulären Canal nicht lange fliessen, ohne daß nachfolgende Veränderungen entstehen.

1.) Das untere Wasser wirkt, in Folge des Druks von oben her, auf den Boden des Canals mit so viel grösserer Gewalt, je tiefer der Fluß ist, es reibt sich an demselben, reißt aber eben deswegen Teile desselben mit sich fort und hölt folglich diesen Boden aus.

2.)

2.) Auch dadurch wird es in seiner Geschwindigkeit aufgehalten, und, da das öbere Wasser diesen Widerstand nicht zu überwinden hat, sondern nur wie Wasser über Wasser weggleiten darf, so wird die Geschwindigkeit des Wassers, welches zunächst über dem untern wegfließt, grösser als die des untern, und macht durch den, wenn gleich noch so schwachen Zusammenhang das öbere Wasser mit sich schneller fortfliessen. Man nimmt daher gewöhnlich an, daß die gröste Geschwindigkeit eines Flusses ungefähr in der Mitte seiner Tiefe ist.

3.) Das Wasser, welches längst dem bisher von uns für perpendicular angenommenen Ufern fortfließt, hat es nicht nur mit dem Boden zu tuhn, so wie das, was in der Mitte fließt, sondern es reibt sich auch an den steilen Ufern, und wird dadurch zwar auch aufgehalten, greift aber in die Ufer ein, löset mit der Länge der Zeit mehr und mehr Teile von demselben ab, und benimmt ihm seine Steile. Wenn man dies an kleinern Flüssen anders sieht, insonderheit denen, die durch einen fetten leimigten Boden fliessen, welche gewöhnlich sehr steile Ufer haben, so muß man bedenken, wie ein solches Flüßchen sich allmählich sein Bette ausgehölt hat, da es durch die festere Erde sich den Weg öfnen mußte, als es aber diese durchgerissen hatte, einen Boden von minder festerer Erdart antraf, welchen man auf die vorhin angegebene Art förmlich ausgehöhlt gewöhnlich unter ihm antrift. Dann sind auch diese steilen Ufer solcher Flüßchen und

Bäche nicht die natürlichen Ufer desselben, mit welchen er es bei mittlerer Wassermenge zu tuhn hätte, sondern nur dann, wenn er von Zeit zu Zeit anschwillt. Da tritt er dann über die ihn umgebenden Wiesen aus, streicht über diese hin, wirkt alsdann wenig auf sein Bette, bis daß er nach geendigter Ueberschwemmung sich wieder in demselbeu zusammenhalten muß, und dann, wann er seine natürliche Wassermenge wieder hat, auf die höhern steilen Ufer zu wirken aufhört.

4.) Der von den Flüssen aus der Mitte mit fortgerissene Sand oder Schlich sucht sich durch seine eigenthümliche Schwere zu senken, kann aber nicht dazu gelangen, so lange der Strom mit eben der Gewalt und Geschwindigkeit auf ihn zu wirken fortfährt, mit welcher er ihn losriß. Da nun das dem Ufer nähere Wasser mindere Geschwindigkeit hat, so weicht derselbe eines Teils in dieses ruhigere Wasser ab. Denn selbst von dem Wasser des in der Mitte schnellern Stroms weichen beständig Teile durch eine Seitenbewegung in das minder schnellere Wasser ab, dessen Zug nicht so lebhaft gerade aus geht, indem da, wo das Wasser schneller fortschießt, eine grössere Wassermasse durchfließt, deren Teile auch einen Seitendruck auf einander üben, und dem etwas ruhigern Wasser immer etwas von ihrem Ueberflusse abgeben. Anderseits gelangt der mit diesem Wasser seitwärts abtreibende Sand und Schlich nicht sobald in ruhigeres Wasser, da er sich durch seine Schwere senkt,

senkt, und zwar am häufigsten in der Nachbarschaft der Ufer, weil da die Geschwindigkeit die mindeste ist, und eben dann immer mehr geschwächt wird, je mehr sich das Bette des Flusses durch Niedersenken dieser Teile erhöht. Denn da, wo das Wasser nur Einen Fuß hoch über seinen Grund herstreicht, wird es durch Anhängen und Reiben mehr aufgehalten, als wo es den Boden tiefer unter sich hat. Auf diese Art bilden sich die Flüsse ein muldenförmiges Bette aus, dessen Figur am gleichförmigsten da wird, wo der Strom am gleichförmigsten und mit einer sehr grossen Masse wirken kann, die noch durch keine der bisher erwähnten Ursachen in einen andern Gang abgelenkt wird. Alsdann bekömmt der Fluß auf grosse Strekken hinaus in einer beträchtlichen Weite von dem flachen Ufer eine gleiche Tiefe, die man seine Normaltiefe nennt. Unsere Elbe hat eine solche Normaltiefe von 36 Fuß einige Meilen vor ihrem Einfluß in die See, bis zu welcher der Sand vom Ufer her sich allmählich absenkt.

§. 17.

Wenn es möglich wäre, daß ein Fluß in seinem ganzen Laufe einen horizontalen Boden behielte, so würden diese Wirkungen sich zwar etwas anders verhalten, aber doch nicht ganz fehlen. Denn auch in diesem würde das untere Wasser der höhern Pressung halber auf den Boden wirken und ihn aushöhlen. Es würde, nach gewonnener

grössern Tiefe in der Mitte am schnellsten fliessen, und daher den von ihm gelösten Sand eben so gut auf die Seite schieben. Es würde seine steilen Ufer doch immer reiben, Teile von demselben losreissen und längst und unterhalb demselben wieder fallen lassen. Aber kein Strom ist anders als in einem nur kurzem Teile horizontal, selbst nicht in demjenigen Teile, der sich dem Ocean nähert und in welchen die Fluht aus demselben eintritt. Hier mögte man denken sei der Fall ungefähr derjenigen Höhe gleich, um welche die Fluht von der Mündung herauf bis zu dem letzten Puncte steigt, wo sie nicht mehr bemerkbar ist. Z. B. in unsrer Elbe Mündung steigt die ordinaire Fluth 14 Fuß, in Hamburg 6 Fuß und hört auf 4 Meilen oberhalb ungefähr in der Gegend auf, wo im Jahr 1771 der verderbliche Durchbruch war. Dem zufolge mögte man annehmen, daß Hamburg 8 Fuß höher als Cuxhaven, jene Stelle des Durchbruchs aber 6 Fuß höher als Hamburg gelegen sei. Aber eben bei diesem Durchbruch erwieß sich ein Fall, den man sehr wahrscheinlich wol auf 17 Fuß anschlagen muß. Denn so hoch stand an unsrer Stadt das innerhalb dem Deiche befangene Wasser über den Fluren an der Stadt, ungeachtet der angeschwollene Strom durch den Durchbruch sich den Weg in einen seit 400 Jahren ihm verschlossen gewesenen Arm geöfnet hatte, und nur ein kleiner Teil von dessen Gewässer innerhalb der Deiche sich aufstauete.

Wo das Bette eines Flusses natürlich horizontal ist, da nimmt das Wasser durch den Einfall des oberhalb mit

ei=

einem Fall einschliessenden Wassers und den Abfall unterhalb in dem mehr abhängenden Teile des Flusses eine Bewegung an, die von der des ganzen Flusses nicht sehr abweichen kann. Dazu kömmt, daß eben da, wo ein Fluß so ruhig fließt, und keinen Fall hat, sich annehmen läßt, dies sei der niedrigste Punkt der anliegenden Gegend, aus welcher dann die kleinern Gewässer eben dahin ihren Abfluß nehmen, in den grössern Fluß fliessen, und dessen Geschwindigkeit vermehren.

§. 18.

Durch einförmig wirkende Kräfte der Natur ohne Einmischung zufälliger Umstände umgeformt, nennt man den Fluß einen **regulären Fluß.** Aber kein Fluß ist in seinem ganzen Laufe regulär und nur wenige sind es in einem grossen Teile ihres Laufes, oder bleiben fortdauernd so, wenn sie es eine Zeitlang sind. Ich habe bereits oben §. 12. der zufälligen Umstände erwähnt, welche die Flüsse irregulär machen. Ich darf aber nicht unerwähnt lassen, daß die Kunst auch viel dazu beitrage, die einmal entstandene Unregelmässigkeiten in dem Laufe der Flüsse zu unterhalten und neue entstehen zu machen, oder deren natürliche Ursachen zu verstärken. Da, wo der Fluß in einem schlängelnden Gang ein Stück Erdreich angesetzt hat, das er mit der Zeit selbst wieder wegreissen und sich den geradern Weg bahnen würde, sucht man dies durch Anwendung aller möglichen Kunst seinen Eig-

nern

nern zu erhalten. Dann dauert der Anschlag des Stroms auf das so künstlich befestigte Ufer beständig fort: er wühlet an demselben sich zu grossen Tiefen ein, führt Massen Sand und Erde weg, und läßt sie an andern Stellen wieder sinken, wo sie Ursache einer neuen Unregelmässigkeit werden. Durch die Dämme, welche die Ueberschwemmungen abzuhalten zur Absicht haben, wird der über sein Bett hervortretende und eben alsdann viele Erdteile mit sich führende Strom abgehalten, sich über die flache Ufergegend weit genug zu verbreiten und sie auf dieselben sinken zu lassen. Er führt sie demnach so viel weiter mit sich fort, und wenn nach geendigten Ursachen der Ueberschwemmung er wieder in sein Bett zurüktritt, und mit geschwächtem Laufe wieder fließt, muß er sie selbst in diesem oder vor seiner Mündung sinken lassen, und dieses oft an einer Stelle, wo sein Lauf in neue Unregelmässigkeit gesezt wird. Die stärksten Veränderungen sind durch Abteilung der Flüsse in neue ihm nicht natürliche Wege entstanden. Durch solche Ableitungen, deren einige schon die Römer mit roher Kunst machten, ist dem Rhein so viel Wasser entzogen worden, daß er in seinem alten Bette nicht mehr die See erreicht. Durch eine kürzere Ableitung, welche die Vereinten Niederländer bei einem Dorfe Panderen im Geldrischem Gebiet machten, um dem südlichen Arm des Rheins, der Waal, einen Teil von dem Ueberfluß seines Wossers zu entziehen, und ihn dem nordlicheren, dem Lech, zuzuwenden, ist lezterem so viel Sand zugeführt, daß dessen Bette sich

weit

weit über das anliegende gesenkte Land erhoben hat, und der ganzen Gegend grosse Verlegenheit daraus entstanden ist. Wieder andere Folgen haben die Abdämmungen grosser Arme der Flüsse, wenn die Natur dieselben erlaubt, und die Hofnnng scheinbaren Nutzens dazu räht. Wir sehen ein Beispiel davon an unserer Elbe, wo man vor Jahrhunderten den im gradem Lauf durch die Vierlande durchstreichenden Arm abzudammen wagte, sich vielleicht sehr freute, als dasselbe gelang, aber auch dafür den Strom in den südlichen, um mehr als eine Meile längern Arm hineinzwang, und nun fortdauernd manchen bösen Nachteil davon erfährt.

§. 19.

Es ist hier nicht der Ort, das Praktische in der Anlage und dem Bau derjenigen Kunstwerke anzugeben, welche man in diesen Fällen anwendet, aber auch so oft in deren Anwendung irrt. Aber weil das bisher vorgetragene mich so nahe an die Gründe leitet, welche bei diesen Kunstwerken beachtet werden müssen, so will ich etwas von demselben beibringen.

Es ist leicht einzusehen, daß kleine Flüsse mindere Schwierigkeit machen, als grössere. Schon oft hat man dem Schaden, welchen dieselben durch Ueberschwemmungen anrichten, abgeholfen, indem man ihnen einen neuen geradern Canal gegeben hat. Es ist klar, daß, wenn

ein

ein solcher Fluß z. B. auf Eine Meile 10 Fuß Fall hat, aber in einem geschlängelten Wege, dessen Wendungen zwei Meilen ausmachen, die Geschwindigkeit desselben nur die Hälfte derjenigen sein könne, so lange er sich in diesem Bette hält, welche er auf 10 Fuß Fall in dem geraden Wege haben würde. Doch geht dieser halben Geschwindigkeit noch vieles dadurch ab, daß dessen Wasser auf die sich ihm schief in den Weg liegenden Ufer seiner Krümmungen allenthalben aufstößt, einen Abschlag auf das entgegengesezte Ufer bekömmt, dort wieder aufstößt und abschlägt, folglich allenthalben einen Teil seiner Bewegungskraft auf die Ufer erschöpft, und dabei in winkeligten Wegen geht, welche noch viel länger als die Krümmungen des Flusses allein sind.

§. 20.

In einem grössern Flusse wird es selten möglich, ihm ein gerader laufendes Bette zu geben, als sein natürliches ist, um seinen Lauf regelmässig zu machen. Es wird da ganz unmöglich, wo die Fluht mit Macht eintritt, und dessen Mündung gar sehr erweitert. Doch bleibt die Durchgrabung eines geraden Canals immer das beste Mittel, dem Schaden abzuhelfen, welchen der zu unregelmässige Lauf eines Flusses verursacht oder noch drohet, wenn er sich um ein nicht grosses Feld mit einer gar zu engen Krümmung drängt. Denn der Abschlag wird gar zu stark auf das entgegengesezte hole Ufer, unter welchem

der

der Strom solche Tiefen auswühlt, in welche endlich eben dieses Ufer hineinstürzen muß, und dann ist sehr oft die Folge, daß er sich ein neues graderes Bett da eröfnet, wo man ihn nicht hin haben will. Grössere Krümmungen in einen Bogen von sehr grossem Durchmesser geben dies nicht zu befürchten. In solchen grossen Strömen wirken Ursachen zu schädlichen Verwerfungen derselben, welche in kleinern nicht Statt haben oder übersehen werden können. Diese sind

1.) Das Entstehen der Sandbänke unterhalb eines in den Strom sich hineinbiegenden Ufers. Denn wenn dasselbe auch nicht einmal den Strom in einem Winkel von sich abschlagen macht, sondern er in einer fast geraden Linie längst demselben fortstreicht, so entsteht doch unterhalb diesem Ufer eine ruhigere Stelle, zur Seite des Stroms, der sich dahinein des von ihm mitgeführten Sandes entledigt. Diese Sandbank verlängert sich dann fortdauernd und beengt den Strom in seinem Fortfliessen, daß er weit von der Stelle, die ihn zuerst abgewiesen hatte, allererst einen heftigen Andrang auf das entgegengesezte Ufer gewinnt. Die mit X bezeichnete Figur auf der 7ten Tafel gibt davon Vorstellung, wie die Sache wirklich in der Gegend, 4 Meilen oberhalb Hamburg beschaffen ist, wo die Elbe im Jahr 1771 durchbrach, und die schönen Fluren von wenigstens 6 Quadratmeilen verheerte.

2.) Der Eisgang bewirkt grosse Veränderungen auch ohne

ohne solche fürchterliche Eisstösse, dergleichen nach dem harten Winter 1784 erfolgten, in welchen das mit dem angeschwollenen Strom unordentlich herabgeführte und durch einander sich wühlende Eis endlich gegen den Grund sich stößt und sich zu einem Damm ansezt, oberhalb dessen das Wasser rükwärts sich zu einer kaum glaubhaften Höhe erhebt. Ich will nur von den in jedem mässigen Eisgange gewöhnlichen Wirkungen in grossen Strömen etwas sagen. Wenn die Richtung des Stroms, so wie die der Elbe, mit der von den östlichen Winden, welche die starken Kälten herbeiführen, übereinkommt, so nimmt das Wasser in denselben gar sehr ab, und die schon vorhandenen Sandbänke werden kaum noch durch die Flucht bedekt; doch noch schlimmer, wo keine Fluht so weit kömmt. Dann bleiben die Eisschollen auf diesen Sanden hängen, frieren mit denselben fest zusammen und verbreiten sich bei dem so niedrigen Wasser auch dahinab, wo der Stom im Sommer einen nicht gestörten Lauf behauptete. Der Strom, so geschwächt er auch alsdann ist, muß sich durch diese beengten Gänge herdurchzwingen, gewinnt aber einen Abschlag an diesen in ungewohnter Stelle ihm in den Weg tretenden Eisufern. Belegt er sich dann vollends, so reibt er sich auch an seiner Eisdekke nach oben zu, und bei seinem so sehr geschwächten Lauf sezt er Sand ab, wo er sonst nirgends hingekommen sein würde. Eben dann aber kann die Kunst ein vorzügliches Mittel benutzen, den Strom zu leiten, daß er minder schädlich werde, oder wol gar eine gewünschte Richtung ge-

gewinne. Dieses Mittel ist, wenn man ihn in einer mit Ueberlegung gewählten Strekke offen hält, wozu das brauchbarste Werkzeug Sägen sind, welchen man unten ein Gewicht anhängt, und oben sie durch einen oder zwei Männer in Bewegung sezt.

§. 21.

Ich wähle diesen Ort, um von einer Sache zu reden, welche ich lange nicht geglaubt habe, wenn mir die Anwohner der Elbe sie als ausgemacht angaben. Sie behaupten nemlich, daß, wenn der Eisgang einige Tage nach anfangendem Froste schwach geblieben, er sich auf einmal durch das Eis vermehre, welches im Grunde des Bodens gefriere, dann sich hervorhebe, und den Strom so belege, daß er sich bald setzen müsse. Ich glaubte ihnen, wie gesagt, nicht, bis ich in den stärksten Eisschollen mitten auf der Elbe mehrere Zoll tief unter deren Oberfläche Sand und kleine Steine bemerkte, welche das Eis aus dem Grunde mit sich hervorgehoben zu haben schien. Dergleichen wird man in dem Eise, das stehende Wasser belegt, nimmer wahrnehmen. Ganz überzeugte mich dies jedoch nicht. Doch hat es mich geneigter gemacht, die allgemeine Sage vom Grundeisse in dem Munde solcher Leute, welche auch im Eisgange den Fluß viel befahren, glaubwürdiger zu finden. Ist denn die Sache wahr, so stelle ich sie mir so vor. Alles Wasser wird zu Eis, sobald die Luftkälte in dem bestimmten Grade sich

ihm mitteilt, mit welchem das Wasser gefriert. Dies geschieht nun freilich an der Oberfläche hauptsächlich. Aber ein jeder Teil Wassers, der sich, indem er so eben gefrieren will, in das untere wärmere Wasser unterwühlt, kann nun nicht mehr Eis werden. Die mit dem Strom sich beständig durchwühlende Wassermasse behält also noch eine Temperatur, bei welcher sie flüssig bleiben kann. Aber das unterste Wasser wird durch das Reiben über dem Grunde aufgehalten, mischt sich nicht mehr so mit dem mitlern Wasser, und so wird es möglich, daß bei einem hohen Grade der Luftkälte dieses untere Wasser einen solchen Grad der Kälte annimmt, mit welchem es gefrieren kann. Das Wasser, welches über diesem anfangenden Grundeise fortschleicht, nimmt eben denselben Grad an, und wird auch zu Eis, bis die ganze Masse durch den zu gros werdenden Unterschied der eigentühmlichen Schweere sich von dem Grunde auf erhebt und Teile desselben mit in die Höhe nimmt. Ich muß hinzusetzen, daß, wo ich solche Teile in dem Eise stekken sah, ich die Oberfläche desselben hokkerigt gefunden habe, welches bei den von oben her gefrierenden Eisschollen sich nicht so findet.

§. 22.

Wo nun in grossen Flüssen sich keines derjenigen Mittel der Kunst anwenden läßt, mit welchen man dem Strom kleinerer Flüsse seinen Absichten gemäß abändert und regelmässiger macht, oder wo man selbst in diesem solche

solche Mittel nicht anwenden will oder nicht kann, da muß man sich begnügen, deren Ufer gegen die denselben gefährliche Strommasse entweder vor der Ueberschwemmung zu sichern, oder den schädlichen Anschlag des Stromes abzuweisen. Die erste Absicht wird durch Dämme von Erde erreicht, welche man längst den Ufern anlegt, die zweite durch Einbaue in den Strom. Ich darf hier nicht von der Art, dieselben anzulegen, von den Materialien, die man dazu wählt, und von den practischen Fehlern, die man dabei sehr oft begangen sieht, reden. Ich will nur über das, was eigentlich der Hydraulik angehört, hier etwas beibringen.

1.) Was die Dämme betrift, so bestimmt sich deren Stärke hauptsächlich aus demjenigen, was ich §. 39. 40. der Hydrost. von dem Druk des Wassers auf eine demselben entgegengestellte körperliche Masse gesagt habe. Dieser Druk ist dem Gewichte eines dreiekkigten Prisma gleich, dessen Durchschnitt der rechtwinklichte Triangel ist, dessen zwei gleiche Schenkel der Höhe des Wassers gleich sind. Auch derselbe ist, wie ich ebenfalls oben erwähnt habe, am Ocean nicht grösser, als an einem mässigen Fluß, so lange nicht der durch Sturm erregte Wellenschlag mit in Betrachtung kömmt. Aber er ist doch immer ein mächtiger Druk, der eine Erdmasse gar leicht horizontal fortschieben kann, wenn dieselbe nicht durch ihren Zusammenhalt mit dem sie tragenden Grunde und durch ihre Schwere hinlänglich widersteht. Ich habe noch vor

kurzem auf einer unserer Elbinseln auf deren vom Winde abgekehrten Seite einen Deich gesehen, der in der kurzen Fluht vom 31. Aug. 1777 durch den blossen Druk des Wassers, noch dazu an einem nicht sehr breiten Arm der Elbe, rein weggeschoben war. Aber er war nach einem im Jahr 1756 bereits erfolgtem Durchbruch zu nachlässig auf einen mit Pfählen zwar durchrammten aber nicht genug gesicherten Grund aufgesezt gewesen. Man erinnere sich dabei aus §. 42 Hydrost., daß dieser Triangel und folglich auch der Druk des Wassers sich im Verhältniß des Quadrats der Höhe vergrössere. Daher muß ein Deich, an welchem man Fluten von 20 Fuß über dessen Grund zu fürchten hat, viermal so stark, als ein anderer sein, durch den man sich gegen halb so hohe Fluten verwahren will. Obgleich die Kunst des Deichbaus fast allein in den vereinigten Niederlanden und dem nördlichen Deutschland längst dem Ocean ihren Siz hat, so ist man doch in Ansehung der den Deichen zu gebenden Stärke bis zu unsern Zeiten fahrlässig oder im Irrthum gewesen. Blos daher sind in den Jahren 1717 und noch 1756 die Fluten diesen Gegenden so verderblich geworden.

§. 23.

2.) Einbaue in den Strom, welchen man von einem Ufer ablenken will, dem derselbe gefährlich wird, erfüllen zwar diese Absicht zuverlässig, wenn sie auf eine solche Art angelegt sind, daß sie dem Strom nicht weichen. Von

der Kunst, die der Wasserbaumeister anzuwenden hat, um ihnen die dazu hinlängliche Festigkeit zu geben, darf ich hier nicht reden. Für die Hydraulik gehört die Erläuterung der Wirkung, welche solche Einbaue auf den Strom haben.

Diese ist keinesweges so übereinstimmend, als man denken mögte mit der Wirkung, welche ein der Bewegung eines festen Körpers in den Weg gestellter Körper hat. Ein elastischer senkrecht auf eine harte Fläche fallender oder geworfener Körper wird in eben dem Wege, in welchem er auf die Fläche trift, zurück, und schief auffallend in eben dem Winkel seitwärts abgetrieben, in welchem er auf den Widerstand stieß. Nun ist zwar das Wasser in seinen Urstoffen hart, und keiner Zusammendrückung, wenigstens keiner merklichen, fähig. Daher mögte vielleicht in dem Zurückprallen einzelner Wasserpartikeln, wenn sie statt hätte, eben das erfolgen. Aber der Strom ist eine Sammlung unendlich vieler Wasserpartikeln, deren Bewegung in Einem Striche und mit ungefähr gleichen Kräften auf die Fläche des Einbaues trifft. Es ist also nicht möglich, daß eine jede Partikel in dem Winkel abprallen könne, in welchem sie auffällt. Folgende Vergleichung wird dieß klar machen: Wenn einzelne harte Hagelkörner an unsre Fenster schlagen, so fallen sie gewiß unter demselben Winkel wieder ab, unter welchem sie auffallen. Aber wenn der Hagel sehr dicht fällt, so wird manches dieser Hagelkörner, indem es von

den

dem Fenster abschlägt, mit einem andern Hagelkorn zusammentreffen, das nach dem Fenster in eben dem Winkel zueilt, unter welchem jenes angefallen war. Da stört dann eines des andern Bewegung. Die nachfolgenden Hagelkörner werden deswegen nicht alle das Fenster erreichen, sondern mit dem Korn, auf welches sie trafen, zur Erde fallen. Aber von denen mit dem Strom auf die Fläche des Einbaues treffenden Wasserteilchen werden nicht etwan einige, sondern sie werden alle durch die neben ihnen dem Einbau zufliessenden Wasserteilchen aus dem Wege verdrängt, in welchem sie von demselben abschlagen. Dadurch werden sie genötigt, längst dem Einbau fortzufliessen, welcher eben deswegen einen stumpfen Winkel mit dem Ufer machen muß. Daraus entsteht nun zwar ein lebhafter Abfluß des Gewässers längst der Fläche des Einbaus, dessen Zwek ganz erreicht werden würde, wenn dasselbe nun in der Richtung des Einbaues ganz oder nur für eine Weile fortfliessen könnte. Aber eben das Gewässer, (wenn es über den Einbau hinaus ist,) trift in demselben auf die übrige Masse des Stroms, auf welche der Einbau nicht unmittelbar wirkt, und die folglich in eigner Richtung demselben vorbeizufliessen sucht. Freilich kann sie dies nun nicht, sondern wird durch den Andrang jenes Gewässers um etwas zurük getrieben, gewinnt aber doch so sehr die Oberhand, daß eine zusammengesezte Bewegung entsteht, mit welcher die ganze Strommasse in einiger Weite von dem Einbau wiederum auf das Ufer fällt. Hier entsteht nun wieder dieselbe

Veranlassung zu einem zweiten Einbau, dessen Ort freilich sich nicht durch blosse Theorie ausmachen läßt, sondern man muß durch Versuche an treibenden Körpern, die man oberhalb des ersten Einbaues auswirft, sehen, wo dieselben wieder ans Ufer treiben, wiewol dieser Ort, nicht immer derselbe bleibt, je nachdem der Strom mit mehrerm oder minderm Wasser in seinem Bett herunterfließt. Es muß also der Ort zu dem folgenden Einbau nie zu weit von dem ersten gewählt werden. Wird mit dem zweiten noch nicht die Absicht erreicht, das Ufer zu sichern, so wird ein dritter und fortan oft noch viel mehrere notwendig.

§. 24.

So groß die Macht des Wassers in starken Strömen ist, so sehr ist es zu bewundern, daß solche Einbaue, wenn sie mit einiger Vorsicht in den Strom gelegt werden, nicht dieser Gewalt weichen. Aber die gegebenen Erläuterungen machen es klar, daß der Strom selbst nicht unmittelbar auf dieselben wirken kann. Doch bedarf dieses noch mehrerer Aufklärung. Man nehme an, der Einbau sei früher auf seiner Stelle angelegt, als der Strom dort existirte, und nun falle dieser plözlich auf denselben. Dann würde freilich die Fläche desselben unmittelbar von dem Strom angegriffen und bedürfte dazu einer vorzüglichen Festigkeit. Wenn er aber, wie es nicht anders sein kann, allmählig und teilweise vom Ufer ab

in denselben hineingebaut wird, so erfolgt, was ich im vorigen §. angegeben habe. Das Gewässer, so wie es auf den Einbau trift, ginge zwar gern unter eben dem Winkel von demselben zurük, unter welchem es anschlägt. Aber, da es dies nicht tuhn kann, so entsteht eine zusammengesezte Bewegung aus der, welche die angeschlagene Wasser-Partikel nehmen wollte, und derjenigen, welche das nachdrängende Wasser ihr geben will. Diese Bewegung wird dann dem Einbau selbst parallel, und das unmittelbar an demselben wegfliessende Wasser wirkt mit dieser parallelen Bewegung eigentlich auf den Einbau nicht mehr. Das nachdrängende Wasser findet also bei seiner Annäherung zum Einbau eine schon längst demselben in paralleler Richtung abfliessende Wassermasse, drängt zwar diese gegen denselben noch mächtig genug an, wird aber durch dessen Gegendruk seitwärts abgetrieben, und die Wirkung geschwächt, mit welcher es dem Einbau drohte.

§. 25.

Es ist anmerklich, daß die von Faschinen verfertigten Einbaue dem Strome, ja selbst dem Eisgang besser widerstehen, als die, welche ihm eine feste steile ebene Fläche entgegenstellen. Die Ursache scheint mir darin zu liegen: Zwischen den gegen den Strom hinausgeführten Enden der Faschinen oder der Reisbunde fängt sich das Wasser so, daß es ganz zu einer gewissen Ruhe kömmt.

Das

Das Wasser des Stroms selbst kann daher noch weniger auf den Körper eines solchen Einbaues wirken, als auf die ebene Fläche. Ein Teil desselben hängt sich an die zwischen den Reisern zum Stillstand gebrachte Wassermasse an, reibt sich an den Enden der Reißbunde, kömmt in wirbelnde Bewegungen und wirkt auf das nachdrängende Wasser auf eine Art zurük, die demselben noch weniger erlaubt, in einem bestimmten Striche fortzufliessen. Eben dieß zwischen und vor den Faschinen zu einer gewissen Ruhe gebrachte Wasser gefriert dann auch um so viel leichter; am leichtesten und am meisten nahe an dem Einbau, aber doch auch etwas in den andrängenden Strom hinein. Wenn dann derselbe mit starken Eisschollen geht, so treffen dieselben zuerst auf schwächeres, dann auf stärkeres Eis, das sie zerknirschen und zerstossen müssen, ehe sie an den Einbau gelangen. Daran erschöpfet sich ihre Gewalt, bis sie in der mit dem Einbau parallele, Richtung in den Strom geraßten, in welchem sie nicht mehr auf den Einbau wirken können. Doch kömmt es bei dem allen sehr darauf an, daß diese Art von Einbauen eine grosse Unterfläche habe, von deren Verhältnis zu ihrer Höhe ich an einen andern Ort mehr sagen werde. Diese Einbaue gewinnen jedoch auch dadurch sehr an Standhaftigkeit, daß in dem spitzen Winkel, den sie mit dem Ufer machen, das Wasser bloß des Gleichgewichts halber ohne Strom hinein fällt, und nach einigem Wirbeln so ruhig wird, daß es den mit sich geführten Schlich hier fallen läßt. Noch geschwinder erfolgt dieses,

ses, wenn der Strom Fluht und Ebbe hat, da dann die Fluht so vielen Sand in diesem Winkel fallen läßt, daß der Einbau gegen den Ebbe-Strom so viel besser Stand halten kann.

§. 26.

Eine üble durchaus nicht ganz abwendliche Folge dieser Einbaue ist diese, daß das Gewässer, indem es um die Spitze des Einbaues herumfließt, aber den Stromfaden jenseits desselben in seinem Wege findet, von demselben gewaltsam zurük gegen den Einbau gedrängt wird, und nun sich in der Tiefe vor demselben Raum zu schaffen sucht. Ich kenne ein Ufer nahe vor der Mündung der Elbe, das man durch solche Einbaue zu schützen gesucht hatte, wo aber die Tiefe bis auf 76 Fuß, das ist auf mehr als die zwiefache Normal-Tiefe der Elbe in dieser Gegend zugenommen hatte. So grosse Tiefen, so nahe an dem Ufer, das man durch diese Einbaue schützen will, werden demselben sehr gefährlich, indem es zulezt nach und nach in diese Tiefen hinabstürzen muß.

Die Wirkung dieser Einbaue hängt von deren Länge und von dem Winkel ab, unter welchem man sie gegen das Ufer legt. Jene bestimmt sich durch die Umstände, durch die Beschaffenheit des Stroms, der eben wegen seines Andrangs auf das Ufer, welches man durch sie schüzzen will, gewöhnlich schon eine grosse Tiefe vor demselben

ge-

gemacht hat, in welchem endlich der Bau derselben unmöglich wird. In der Wahl des Winkels ist ebenfalls auf die Macht, mit welcher der Strom andringt, zu achten; wiewol, je grösser man den Winkel macht, desto weiter hinaus wirkt der Einbau bei gleicher angenommener Länge. Es wäre gut, wenn man durch vorgängige Versuche den Winkel vor der Anlage ansmachen könnte, welchen der Strom sich gefallen läßt und unter welchem der Einbau am vorteilhaftesten auf ihn wirkt. Belidor erwähnt in seiner Wasserbaukunst gewisser Holzflösser von 72 Fuß in der Länge und 12 Fuß in der Breite, welche zu Havre de Grace angewandt worden, um die Wirkung des durch die Spülschleusen zur Reinigung des Hafens abschiessenden Gewässers zu verstärken. Auf der einen Seite werden zugespizte Pfähle durch dieselben durchgelassen, welche nachher etwa so tief, als das Floß breit ist, hinabgesenkt, aber auch wieder heraufgewunden werden können. Wann nun mit der Ebbe das Wasser sich verläuft, so muß sich die andere Seite mit ihrer Schärfe in den Grund legen und so bietet das Floß, dem man vorher seine Stelle richtig gegeben haben muß, dem Strom eine schräge Fläche dar, von welcher er abschlägt. Mehrere dieser Flösse vor einander hinausgelegt, tuhn die Dienste eines langen Einbaues. Aber sie geben auch, wenn man einen solchen Bau vorhat, ein Mittel ab, vor demselben zu versuchen, auf welcher Stelle des Ufers und unter welchem Winkel derselbe am besten anzulegen sei. Blos in dieser Absicht erwähne ich hier dieser

Er=

Erfindung, deren nähere Beschreibung in die Wasserbaukunst gehört.

§. 27.

Als eine nachteilige Wirkung kann man auch diese ansehen, daß, wenn man nun durch einen oder mehrere derselben die Absicht erreicht hat, den Strom von dem Ufer, welches man durch sie verteidigen will, abzuwerfen, derselbe mit verstärkter Gewalt auf das gegenseitige Ufer fällt und dort oft ähnliche Einbaue nötig macht. In sehr breiten Strömen wird diese Wirkung nicht merklich, aber desto merklicher in kleinern schmälern Flüssen, und da wird es ein Grund gerechter Klagen, wenn beide Ufer verschiedene Herren, oder auch nur verschiedene Besitzer unter den Untertahnen Eines Herrn haben. Legt man jedoch solche Einbaue mit Vorsicht an, und deren nicht mehr an oder läßt sie nicht weiter in den Strom hineingehen, als biß sie demselben eine Richtung gegeben haben, welche dem Ufer, welches man decken will, parallel streicht, so hat kein Anschlag auf das gegenseitige Ufer Statt, es wäre dann, daß dieses selbst sich in den Strom herein krümmte. Es kann also bloß ein Andrang des Stromgewässers durch die Beengung desselben vermittelst der Einbaue veranlaßt werden, welchem man leichter als einem Anschlage desselben begegnen kann.

§. 28.

§. 28.

Eben diese Einbaue geben das beste Mittel in einem nicht gar zu breiten Strom ab, um den Versandungen auf einzelne Stellen abzuhelfen, nicht solchen allgemeinen Versandungen, durch welche das Bette eines Flusses sich in dessen ganzer Länge erhöhet, wovon ich oben §. 13. geredet habe. Der eigentliche Stromfaden leidet zwar kein Ansetzen einer Sandbank zu einer so grossen Höhe, als welche neben demselben Statt haben kann. Aber das geschicht doch oft, daß eine Seitwärts entstandene Sandbank sich unter den Strom hin fortstreckt, und so weit erhöhet, daß sie der Schiffahrt nachteilig wird, welche dann der Strom nicht wegwühlt, sondern sie in Ruhe läßt, wenn nur unter ihm die Tiefe grösser als auf den Seiten bleibt. Wir haben ein redendes Beispiel davon seit zwei Jahren in unsrer Elbe, da queer durch den Hauptstrom ein Sand sich angelegt hat, welcher der Fortsatz von einem Sande an dem südlichen Ufer ist, aber einen sichtbaren Fall des ganzen Gewässers erweckt, doch so, daß bei niedrigem Wasser in dem Fall des Stromfadens noch etwan vier Fuß Tiefe, seitwärts aber viel weniger bleiben, und bei niedriger Ebbe der Sand hie und da hervortritt. Das einzige Mittel dagegen ist eine durch solche Einbaue bewirkte Verwerfung des Stromfadens, welche in nicht gar zu breiten Flüssen mit einer beträchtlichen Bewegung des Gewässers begleitet ist. Durch beide wird dem Stromfaden eine grössere Geschwin-

Erfindung, deren nähere Beschreibung in die Wasserbaukunst gehört.

§. 27.

Als eine nachteilige Wirkung kann man auch diese ansehen, daß, wenn man nun durch einen oder mehrere derselben die Absicht erreicht hat, den Strom von dem Ufer, welches man durch sie verteidigen will, abzuwerfen, derselbe mit verstärkter Gewalt auf das gegenseitige Ufer fällt und dort oft ähnliche Einbaue nötig macht. In sehr breiten Strömen wird diese Wirkung nicht merklich, aber desto merklicher in kleinern schmälern Flüssen, und da wird es ein Grund gerechter Klagen, wenn beide Ufer verschiedene Herren, oder auch nur verschiedene Besitzer unter den Untertahnen Eines Herrn haben. Legt man jedoch solche Einbaue mit Vorsicht an, und deren nicht mehr an oder läßt sie nicht weiter in den Strom hineingehen, als biß sie demselben eine Richtung gegeben haben, welche dem Ufer, welches man decken will, parallel streicht, so hat kein Anschlag auf das gegenseitige Ufer Statt, es wäre dann, daß dieses selbst sich in den Strom herein krümmte. Es kann also bloß ein Andrang des Stromgewässers durch die Beengung desselben vermittelst der Einbaue veranlaßt werden, welchem man leichter als einem Anschlage desselben begegnen kann.

§. 28.

§. 28.

Eben diese Einbaue geben das beste Mittel in einem nicht gar zu breiten Strom ab, um den Versandungen auf einzelne Stellen abzuhelfen, nicht solchen allgemeinen Versandungen, durch welche das Bette eines Flusses sich in dessen ganzer Länge erhöhet, wovon ich oben §. 13. geredet habe. Der eigentliche Stromfaden leidet zwar kein Ansetzen einer Sandbank zu einer so grossen Höhe, als welche neben demselben Statt haben kann. Aber das geschicht doch oft, daß eine Seitwärts entstandene Sandbank sich unter den Strom hin fortstreckt, und so weit erhöhet, daß sie der Schiffahrt nachteilig wird, welche dann der Strom nicht wegwühlt, sondern sie in Ruhe läßt, wenn nur unter ihm die Tiefe grösser als auf den Seiten bleibt. Wir haben ein redendes Beispiel davon seit zwei Jahren in unsrer Elbe, da queer durch den Hauptstrom ein Sand sich angelegt hat, welcher der Fortsatz von einem Sande an dem südlichen Ufer ist, aber einen sichtbaren Fall des ganzen Gewässers erweckt, doch so, daß bei niedrigem Wasser in dem Fall des Stromfadens noch etwan vier Fuß Tiefe, seitwärts aber viel weniger bleiben, und bei niedriger Ebbe der Sand hie und da hervörtritt. Das einzige Mittel dagegen ist eine durch solche Einbaue bewirkte Verwerfung des Stromfadens, welche in nicht gar zu breiten Flüssen mit einer beträchtlichen Bewegung des Gewässers begleitet ist. Durch beide wird dem Stromfaden eine grössere Geschwin-

schwindigkeit und folglich eine grössere Kraft gegeben, mit welcher er dann einen Sand von seiner Stelle treibt, welchen er bei minderer Kraft ruhen lassen würde.

Eine einstweilige Hülfe giebt zwar das Ausheben des Sandes durch Werkzeuge allerlei Art, oder das sogenannten Ausbaggern. Aber wenn keine Mittel zugleich angewandt werden, welche auf die Ursache selbst wirken, und insonderheit das bewirken, daß ein stärkerer Strom auf die Stelle geleitet wird, von welcher man den Sand wegschaffen will, so fährt die Ursache fort auf gleich nachteilige Art zu wirken, und der Fluß hat immer Sand genug, den er in der ausgetieften Stelle aufs neue lagern kann.

§. 29.

Von allen Untersuchungen, die man bei einem Strom in praktischer Rükficht vornehmen kann, sind die von dessen Richtung und Geschwindigkeit die notwendigsten. Man hat vielerlei Werkzeuge, welche für beide Zwekke oder für Einen allein dienen. Doch sind diejenigen ganz unzulänglich, welche beide nur so angeben, wie sie sich auf der Oberfläche verhalten. Denn der Strom hat gewöhnlich seine größte Geschwindigkeit in mittler Tiefe und seine Richtung ist eben deswegen auch da die bestimmtere.

Wenn man zufrieden ist, die Richtung und Geschwindigkeit an der Oberfläche in kleinen Gewässern, wo auch der Wind nicht wirken kann, ungefähr zu wissen, dann ist ein jeder Körper anwendbar, den man auf derselben in einer zu messenden Weite fliessen läßt. Ist es ein grösserer Strom, und will man die Probe auf eine grössere Weite machen, so muß man grössere in beträchtlicher Weite ersichtliche Körper dazu anwenden. Aber dann stört auch der schwächste Wind den Versuch. Daher sind die kupfernen Kugeln, welche Herr Silberschlag §. 36. seiner Hydrotechnik billigt, hier nicht brauchbar. Bei einer Untersuchung dieser Art auf dem Elbstrom, an welcher ich Teil nahm, ward auch eine solche Kugel von 7 Zoll im Durchmesser gebraucht. Sie ward so weit mit Wasser gefüllt, daß sie sich biß ungefähr auf ein Sechsteil ihrer Masse einsenkte. Ich aber hatte vorher folgendes leicht anzuschaffendes Werkzeug angegeben. Ein cylindrischer Kloz von Holz etwa einen Schuh hoch und dick ward so eingebohrt, daß er mit darein gesenktem Blei sank. Ein Seil war daran befestigt, und dieß ging durch zwei 16 Zoll weite Korkscheiben, daß jener Kloz dadurch so eben im Treiben erhalten ward, die Korkscheiben aber nicht ganz einen Zoll aus dem Wasser hervorragten. Das Seil ward so weit nachgelassen, daß der Kloz mit seiner Grundfläche nur vier Fuß in den Strom herab hing. Denn es war eine Sandbank in dem Wege des Stroms. Der Wind war südlich und sehr schwach. Aber in allen Versuchen, die wir an

die-

diesem Tage machten, trieb die Kugel an das nördliche Ufer, wenn dagegen jenes Werkzeug in dem Stromstriche beständig blieb. So taten es auch andre Körper, die wir nebenher eingeworfen hatten, welche aber weniger Fläche dem Winde darboten. Es war also nicht ein merklich verschiedener Stromstrich oben anzunehmen, der die Kugel an das Ufer getrieben hätte. Besser würde es sein, eine Halbkugel zu nehmen, und sie so zu füllen, daß der Durchschnitts-Cirkel nur etwa einen halben Zoll über dem Wasser triebe.

Bei diesem Versuch kam es uns nicht so sehr auf die Geschwindigkeit, als auf die Richtung des Stroms an. Soll diese untersucht werden, so muß bei grossen Strömen die praktische Geometrie zu Hülfe kommen. Dieß kann nur so mit Zuverlässigkeit geschehen, daß man ein Fahrzeug sich da vor Anker legen läßt, wo die zur Untersuchung dienenden Werkzeuge in den Strom geworfen werden sollen. Der Teil des Schiffes, von welchem aus dieß geschehen soll, muß bezeichnet werden. Nun läßt man ein zweites Fahrzeug dem treibenden Werkzeuge entgegen fahren und in einer Gegend des Stroms, die vorher nur ungefähr beredet werden kann, dasselbe auffangen, nachdem es einen Augenblik vorher, ehe der Körper an seine Seite kömmt, Anker geworfen hat. Der Punct, wo es aufgefangen ist, muß dann, so gut es möglich, durch ein Signal bezeichnet werden. Mittlerweile wird die Zeit nach einer Secunden-Uhr, oder

bes-

besser nach einem auf halbe Secunden bestimmten Pendul genau bemerkt. Dann kann man in dem Wege, den ich §. 21. der Geometrie angegeben habe, die Weite zwischen denen Puncten, wo das Werkzeug eingeworfen und wieder aufgefangen ward, Geometrisch messen. Ist jedoch der treibende Körper auf dem so langen Wege von der geraden Linie abgewichen, so fällt die aus der Weite und der Zeit gemachte Rechnung zu klein aus. Man muß also von dem ersten Fahrzeuge aus die Winkel dieser Abweichung so genau, als man kann, auch die Zeit, wie lange die Abweichung gedauert, nach Secunden bemerken. Dann läßt sich die Länge des von dem Werkzeuge gemachten krummen Weges wenigstens durch Näherung messen. Um dies richtig zu tuhn muß das erste Fahrzeug durch einen zweiten Anker nach hinten gehalten werden, um das unvermeidliche Schwanken desselben vor dem ganzen am Strom hinaus geworfenen Anker zu hindern.

In manchen Fällen reicht die Untersuchung zu, wie groß die Geschwindigkeit des Stroms in jedem bestimmten Ort sei. Diese Absicht zu erfüllen dient das von einem Franzosen **Pitot** angegebene Werkzeug, welches deutsche Leser aus Herrn **Silberschlags Hydrotechnik**, §. 37. am leichtesten können kennen lernen. Eben dasselbe dient auch zur Untersuchung der Geschwindigkeit in den verschiedenen Tiefen. Doch hat Herr **Wohltmann** seit kurzem ein viel vollkommneres Werkzeug zu diesem

Endzweck erfunden, dessen Beschreibung mit der oben S. 154 angeführten Beschreibung von eben desselben Windmesser zusammen gedruckt ist.

§. 30.

Man benuzt an verschiedenen Strömen die Kraft, mit welcher dieselben auf einen in denselben treibenden Körper anschlagen, auf eine sehr vorteilhafte Art in den sogenannten fliegenden Brükken. Ich will der Beschreibung derselben einige Seiten widmen, da ich in physisch mathematischen Büchern keine Erwähnung derselben bisher gefunden habe, ohne in Musschenbroeks grosser Physik §. 578.; und da mein Buch wahrscheinlich seine meisten Leser in Gegenden finden wird, wo man diese Sache gar nicht kennt. Um zur Einsicht in den Grund dieser vortreflichen und auch in unsern Gegenden gewiß sehr anwendbaren Erfindung meine Leser einzuleiten, muß ich sie bitten, folgende Erfahrung an irgend einem schiffbaren Flusse zu machen, oder ihr so lange Wahrheit zuzutrauen, bis sie dieselbe gemacht haben.

Kein Schiff liegt vor seinem Anker ganz ruhig. Man setze sich, um dieß zu beobachten, auf das Ufer eines Flusses, und beobachte den Punct des gegenseitigen Ufers, vor welchem dessen Mast zu stehen scheint. Er wird nicht lange vor eben demselben Punct bleiben, sondern bald rück- bald vorwärts längst jenem Ufer sich verrü-

rücken, aber zu eben denselben Puncten wiederkehren, deren einer als der nähere gegen den Anker zu, der andere als der fernere erscheint. Lezterer verändert sich nicht; ersterer aber bleibt nicht immer derselbe. Denn das Schiff schwankt vor seinem Anker von der einen zur andern Seite. Diese Schwankungen sind nicht immer ganz gleich. Aber mit keiner derselben kann das Schiff weiter zurück von seinem Anker kommen, so lange dieser fest hält. Steigt oder fällt das Wasser beträchtlich, so verändert sich zwar die gerade Linie von dem Anker bis ans Hinterteil des Schiffs. Aber bei einer Beobachtung von einer halben Stunde möchte dieß nicht leicht bemerklich werden. Um die Ursache dieser Bewegung zu erklären, muß ich meine Leser an das zurük erinnern, was ich in der Mechanik von dem Pendul gesagt habe. Ein Pendul ist ruhig, wenn neben der Schwerkraft keine andere Kraft wirkt, um ihm eine Bewegung seitwärts zu geben. Aber nun lasse man auf ein in einem Zimmer lange ruhig gehangenes Pendul den schwächsten Luftzug wirken, so wird es von dem niedrigsten Punkt, in welchem es unter seinem Aufhängepunkt hing, nach einer oder der andern Seite aufwärts getrieben werden, aber auch bald vermöge seiner Schwere zurüksinken, und dann auf die an seinem Ort in der Mechanik erklärte Art eine schwingende Bewegung entstehen.

Dies wende man auf irgend einen andern Körper an, der von irgend einer Kraft so, wie das Pendul von

der Schwere in gleicher Richtung mit überwiegender Macht getrieben oder gehalten, aber doch daneben auch von andern Kräften angegriffen wird, die nicht ganz gleichförmig auf ihn wirken. Er wird eben so gut, wie das Pendul, in eine seitwärts gehende Bewegung gebracht werden, aus dieser zurükkehren, die stärkste Bewegung da haben, wo er in der eigentlichen Richtung der Hauptkraft sich befindet, aber nun auch mit dieser Bewegung auf die andre Seite überschlagen, abermals wiederkehren, kurz, er wird in eine schwingende Bewegung gerahten.

Das ist der Fall eines Schiffes, das vor seinem Anker liegt. Die Hauptkraft, die auf dasselbe wirkt, ist die des Stroms in der Richtung, in welcher derselbe über dem Punct B, wo der Anker liegt, herstreicht. Durch diese Kraft allein würde die Axe, oder, welches beinahe einerlei ist, der Kiel des Schiffes immer seine Lage in der Richtung BC behalten. Aber 1) ist dieser Kraft Richtung nicht so unveränderlich, wie die der Schwere. 2) Der Strom wirkt auf die rechte Seite (von C) des Schiffes so gut, als auf die linke Seite. Gleichgewicht kann hier nicht Statt haben, menn nicht die vom Strom angegriffenen Flächen des Vorderteils vom Schiffe auf jeder Seite des Punkts C gleich groß sind. 3) Nun aber tritt auch das Ankerseil nicht aus der Mitte, sondern etwas zur Seite des Vorderstevens hervor, und eben dadurch teilt sich der Stoß der Kraft auf beiden Seiten die-

dieſer Oefnung ungleich ein. Dadurch drehet ſich das Schiff ſo, daß es die dem Kluysloche nähere Seitenfläche etwas gegen den Strom zu kehrt, die andre aber deſſen Striche ganz entzieht. 4) Wenn das Schiff nicht etwa gegen den Strom auffegelt, ſein Anker wirft, und dann, nach gefallenen Segeln von dem Strom in der geraden Richtung CB zurükgedrukt wird, ſo muß es nach geſenktem Anker um denſelben in einem Bogen herum treiben, und bekömmt dadurch eine Bewegung, die, wenn nun das Anker es hält, es über den Punct C hinaustreibt, und die es nicht eher verliert, als biß der Zug des Stroms in der mit BC parallelen Richtung es zurück treibt. Eben dies geht bei jedem Wechſel von Fluht und Ebbe vor, wenn das Schiff ſich vor ſeinem Anker wendet. Doch iſt bei den fliegenden Brüken nicht auf dieſe lezte Urſache zu achten. Denn dieſe werden von Anfang an in der Richtung des Stroms abwärts von ihren Ankern gelagert, und durch keine Fluht wieder herum getrieben.

Ein ſolches Schif wird demnach zu einer Art von Pendul, für deſſen Aufhänge-Punct der Ort, wo der Anker liegt, angeſehen werden kann, deſſen Länge ſich aus der Länge des Ankerſeils und des Schiffes und dem Schwerpunct von beiden beſtimmt. Doch unterſcheidet es ſich von dem eigentlichen Pendul in zwei Stücken 1) ſeine Bewegung iſt horizontal, wiewol das Seil ſchräge von dem Schiffe ab gegen den Grund zu hängt. 2) Es wird

von

von einer Kraft getrieben, die nicht die Schweere, und welche veränderlicher, als diese, ist. Doch hat es einen Schwingungspunct so gut, wie das senkrecht hängende Pendul, der dem Schwerpunct des Schiffes sich sehr nähert, zumal bei den fliegenden Brüken, die statt des Ankerseils von einer Kette gehalten werden, deren Schweere in Vergleichung der beiden Schiffe, auf welchen die Brüke gewöhnlich liegt, nicht sehr beträchtlich ist.

Man wird nunmehr verstehen, wie das Schiff in eine Bewegung gerate, welche es nun nach BD, dann nach BE über die Richtung BC hinaus treibt, in welcher es nach mechanischen Gründen zur Ruhe kommen sollte. Da faßt dann der Strom dasselbe, treibt es wieder über eben diese Grenze hinaus, und es erfolgt eben das, was bei einem pendulirenden oder an einem Faden aufgehangenen Körper erfolgt, wenn er etwas auf die Seite gestossen wird. Aber die Bewegung des Penduls hört durch den Widerstand der Luft auf. In diese wirkt die Luft nicht beträchtlich genug ein. Die Wirkung des Stroms, der das Schiff zur Wiederkehr nötigt, wird eine Ursache neuer Bewegung, hört nie ganz auf, und verändert sich im Grade der Kraft nicht, wenigstens nicht in einer mässigen Zeit, wenn sie gleich in ihrer Richtung sich nicht durchaus gleich bleiben kann. Kömmt nun eine Bewegung wirkende Ursache ausser dem Wasser, kömmt Wind und durch diesen erregter Wellenschlag dazu, so werden die Schwankungen viel stärker. Ich lag mit dem Briti-

schen

schen Packetboot in einer stürmischen Nacht auf der Rhede von Alborough vor Anker, und hier hatte ich eine Erfahrung von der Heftigkeit dieser Schwankungen, bei deren jeder das Schiff sich von einer Seite zur andern legte, und ich in dem Bette liegend jedesmal mit herum rollte.

§. 31.

Auf diesen Gründen beruhet folgende Einrichtung der fliegende Brücke.

Ist der Fluß schmal, so hat man genug an Einem Schiffe oder Barke, queer über welche die Brücke gelegt wird, auf welche ein zweispänniger Wagen auffahren und so übergehen kann. Auf breiten Flüssen, und an Orten, wo auf eine starke Ueberfahrt zu rechnen ist, werden zwei Schiffe zusammen gekuppelt, deren Grösse und Figur mit den kleinern Seeschiffen, die man Schmacken nennt, überein kömmt. Die vereinte Breite derselben giebt Raum zur Auflegung einer Brücke, deren Fläche 2000 Quadratfuß und darüber beträgt. Das Seil ist nahe an deren Hinterteile befestigt, wird aber in die Höhe geleitet, um auf dem Queerbaum eines gegen das Vorderteil zu angebrachten etwa 20 Fuß hohen galgenförmigen Gestells zu ruhen, und hin und her zu gleiten. Ueber dies Gerüste hinaus wird dies Seil mit einer Kette verbunden, deren Glieder eiserne Stangen einige Fuß lang sind.

Bei dem vor Anker liegenden Schiffe ist diese Bewegung nicht Absicht, sondern wird von der Natur bewirkt, aber auch durch das Schleppen des Seils auf dem Grunde, wenn es sehr lang ist und der Strom das Schiff nicht mächtig zieht, und durch den Widerstand des Wassers gegen das Seil etwas gehindert. Bei den fliegenden Brücken ist diese Bewegung Absicht, und soll nicht eben dadurch gehindert werden, wie es gar sehr geschehen würde, wenn die so lange Kette über den Grund her schleppte, wo sie auch leicht an Steinen hängen bleiben und brechen könnte. Um diesem vorzukommen, werden zwischen den Ankern und der fliegenden Brücke auf etwa jede 120 Fuß von der Länge der Kette kleine Kähne unter diesen angebracht. In jedem derselben ist eine eiserne Stange befestigt, die sich in zwei Arme endigt, zwischen welchen die Kette ruhend frei in der Luft schwebt. Die Kähne folgen der Bewegung der Kette, und beschreiben in dem Flusse zugleich mit der Brücke Cirkelbogen, deren gemeiner Mittpunkt vor den Ankern sich befindet. Es werden nemlich drei Anker in dem Strom gelegt, von welchen der mittelste der schwerste, im Rhein etwa 500 Pf., und die beiden übrigen seitwärts gelegten jeder 300 Pf. schwer sind. Die drei Seile dieser Anker werden mit der Kette zusammengefügt und dieser Punkt ist der eigentliche Mittelpunkt der Bewegung. Der diesem Punkt nächste Kahn, der sogenannte Buchnachen, ist der stärkste, weil er am meisten von der Kette niederwärts gedrukt wird. Man mögte fragen, warum man nicht

lieber Einen so viel schweerern Anker in den Grund lege. Die Ursache ist ohne Zweifel diese: Ginge der Zug auf den Einen Anker allein, so würde die Brükke bei jeder Schwingung eine Drehung des Ankers bewirken, und dadurch der Anker nach und nach seinen Ort so beträchtlich verändern, daß die fliegende Brükke nicht an einerlei Stellen der Ufer anschlagen könnte. Darum muß ein fester Punkt vor den Ankern zu geschaft werden, auf welchen der Zug der Brükke wirkt. Auf beiden Seiten des Ufers sind hölzerne Ausgebäude zur Anfahrt, die man auch Brükken zu nennen pflegt, angebracht, an welchen die fliegende Brükke so, wie sie ans Land kömmt, befestigt wird, so lange die Ankommenden landen, und die Abgehenden einsteigen oder einfahren. Mit der Bewegung derselben geht es auf folgende Art zu: So, wie diese Befestigung gelöset wird, wirkt der Strom längst dem Ufer her, auf die fliegende Brükke, die nun weit aus dem über den Anker her streichenden Stromfaden in einer Lage sich befindet, in welcher sie natürlich nicht bleiben kann. Der Strom wirkt stark, und man kömmt ihm durch die Steuerruder beider Schiffe zu Hülfe, um sie bis an dessen Mitte zu bringen, welches eigentlich die natürlichste Lage ist. Aber nun hat die Brükke eine Schwungbewegung bekommen, mit welcher sie nicht zur Ruhe kommen kann. Sie schlägt also weiter über. Um sie nun das gegenseitige Ufer erreichen zu machen, werden die breiten Steuerruder beider Schiffe auf einmal abwärts von diesem Ufer gedreht. Der Anschlag des Stroms auf dieselben wirkt

dann

dann um so viel mächtiger; sie nähern sich dem Ufer in einer schiefen Lage. Nahe an demselben werden die Ruder wieder anders gedreht, und mit dieser Impulsion des Stroms bekommen sie eine Richtung, in welcher sie meiner Schätzung nach wol um 20 Fuß dem Strom entgegen gehen, sich in eine parallele Lage mit dem Ufer legen, und so an die Anfahrt anschlagen. Das oben auf dem Galgen ruhende Seil liegt zu Anfang gegen das Ufer zu, von welchen die Brükke abgeht. Wenn sie sich der Mitte des Stroms nähert, und die Ruder gedreht worden, gleitet es über den Queerbaum hin auf die andere Seite, und zu gleicher Zeie verändert auch die Kette ihre Lage über denen Kähnen, die sie tragen, und diese Kähne selbst drehen sich anders.

Die Geschwindigkeit der Bewegung ist erstaunenswehrt. Der Rhein ist an der Stelle, wo die Brükke übergeht, von welcher ich noch eine Zeichnung beifügen werde, 130 Rheinl. Ruthen d. i. 1560 Rh. Fuß breit, und bei mittlerem Wasser geht sie in 7 Minuten über, welches nach der geraden Linie genommen, 3, 7 Fuß in einer Sekunde macht. Allein das Schiff bewegt sich in dem Bogen eines Winkels und beschreibt also einen beträchtlich grössern Weg, als in der Sehne desselben. Dieser ist der Bogen eines Winkels von $106\frac{3}{4}$ Grad, wie man ihn aus der Sehne 1560 Fuß und dem Radius berechnen kann. Leztern nehme ich an zu 980 Fuß. Die Kette ist zwar 972 Fuß lang, liegt aber schräg in die Höhe;

wo:

wogegen ich aber bis auf den Schwerpunkt der Schiffe in deren Mitte noch 24 Fuß zuschlagen kann. Dem zufolge bewegt sich dieser Schwerpunkt in einem Bogen von 1827 Fuß. Demnach ist die Mittelgeschwindigkeit auf jede Sekunde $4\frac{1}{3}$ Fuß. Die in diesen Stellen untersuchte Normalgeschwindigkeit des Flusses wird zu ungefähr 4 Fuß angenommen. Die Brükke bewegt sich also queer durch den Fluß wenigstens vollkommen so schnell, als sie mit demselben abwärts fliessen würde. Das, was hierin unbegreiflich ist, zu erklären, müßte ich die Lehre von einer durch zusammengesezte Kräfte bewirkten und bis gegen die Mitte zu beschleunigte Bewegung hier anwenden, welches ich aber lieber andern überlasse, da es von meinem Zwek zu entfernt ist.

§. 32.

Diese Brükke ist eine vortrefliche Erfindung, welche nicht nur die Fähren, sondern auch die Brükken selbst bei Städten entbehrlich machen kann. Am Rhein, der so schwerlich eine feste Brücke leidet, hat die Noht diese Erfindung gelehrt, und auf ihre Vervollkommung geleitet. Ihrer sind überhaupt auf dem Rhein eilf, von Oppenheim bis Nimwegen. Aber gar zu breit muß der nicht sein. Mainz hat keine dergleichen, sondern eine Schiffbrükke, welche ich 1000 meiner Schritte lang fand, und also auf 2500 Fuß rechne. Man behauptete mir, daß sie dem Kurfürsten 20000 Thr. jährlich eintrage. Hier

aber

aber erweitert sich der Rhein durch das Wasser des wenig oberhalb einfliessenden Mains zu sehr. Nachher aber verengt er sich nicht nur zwischen seinen Felsufern, sondern auch da, wo er wieder zwischen weichen Erdarten fließt. Selbst bei Düsseldorf ist er wieder viel schmäler, als bei Cöln. Je breiter nun der Fluß ist, desto länger muß die Kette sein, damit die Brükke eine hinlänglich weite Schwungbewegung mache. Die kleine Brükke, mit welcher ich über die Ruhr oberhalb Duisburg ging, hatte eine Kette, die höchstens 250 Fuß lang sein mogte, und nur von zwei Kähnen getragen wird.

Ich wünsche sehr Aufmerksamkeit auf diese Erfindung in demjenigen Teile Deutschlands, und wo man weiter hin Deutsch redet, zu erwekken, wo dieselbe noch gar nicht bekannt ist. Die Weser, die Elbe, die Oder, die Weichsel, so viel ich weiß, die Düna und Newa haben keine fliegende Brücken, und doch wären sie ihnen eben so nüzlich, als sie am Rhein sind. Statt dessen werden so manche Fähren kostbar unterhalten, und manche Stadt hat feste Brükken, deren sie gar wol entbehren könnte, wenn sie eine fliegende hätte. Auch die Anwohner so manches kleineren Flusses würden sich ganz wol mit einer solchen befinden. Freilich müssen sie im Winter weggenommen werden, wenn der Eisgang anfängt. Aber in allen Gegenden unserer Elbe, wo bis Magdeburg gar keine Brükken sind, kann doch keine Fähre Menschen oder Fuhrwerk überbringen, wenn der

Fluß

Fluß stark mit Eise geht, sondern man muß warten, bis er sich belegt hat, und fest genug wird, daß man sich darüber wagen kann. Am Rhein muß man die Brükken und selbst die Schiffbrükke bei Mainz wegnehmen, sobald der Fluß mit Eis geht, und sich bis ins Frühjahr behelfen, so gut man kann, weil derselbe so selten sich fest mit Eis belegt. Es ist wahr: Diese Brükken sind kostbar, und möchten nicht so einträglich werden, als in den so volkreichen Gegenden des Rheins, insonderheit an den grossen Städten. Aber ich habe sie auch bei kleinen Städten, z. E. bei St. Goar gesehen. Bei Düsseldorf sind deren zwei auf eine Meile weit von einander, eine in dem Wege der Poststraße von Cöln her, und die zweite bei der Stadt selbst, die gewiß bei weitem nicht so einträglich ist, als die bei Cöln, aber den Tag durch eben so oft hin- und hergehen muß. Denn wenn geläutet ist, so mnß die Brükke gehen, es mögen so wenig Menschen sich einfinden, als da wollen. Dort ist denn auch das Fährgeld ungemein klein, und was würde es hindern, es da etwas höher zu setzen, wo die Frequenz nicht so groß ist?

Auf demjenigen Teile großer Ströme, wo Fluht und Ebbe ist, kann sie nicht angelegt werden. Denn sie müßte mit jedem Wechsel des Stroms anders liegen und insonderheit müßten ihre Anker umgelegt werden. Oder man müßte zwei Brükken haben, deren eine bei der Fluht, die andere bei der Ebbe diente, deren jede dann bei dem

Wechsel des Stroms mit einem hinten hinausgeworfenen Anker festgelegt werden müßte. Aber bei Lauenburg, Boitzenburg, Dömitz, und allen Städten längst der Elbe, von welchen nur Magdeburg, Dessau, Wittenberg, Torgau, Meissen und Dresden Brükken haben, mögten sie nicht nur nuzbar sein, sondern auch schon einträglich genug werden. Auch das ist dabei zu beachten, daß ein jeder etwas breiter Strom das Gewerbe von einem Ufer zum andern schon sehr stört. Aber wenn man darauf rechnen kann, zu jeder Viertelstunde, da man aus Ufer zu Fuß, zu Pferde, oder zu Wagen kömmt, in wenig Minuten übergehen zu können, da entsteht vielerlei Gewerbe, das sonst nicht Statt hat. Insonderheit wundert es mich, daß Petersburg keine fliegende Brükken hat; eine so große Stadt, welche sich mit Einer grossen Schiffbrükke über den Hauptstrom behelfen muß, und durch mehrere Arme der Newa geteilt wird, die alle strenge genug fliessen, um einer solchen Brükke eine schnelle Bewegung zu geben.

Anmerkung.

Die Eilfertigkeit meiner Reise an den Rhein vor bald drei Jahren hinderte mich vieles bestimmt zu erfragen. Doch hatte ich an dem von mir selbst gesehenen genug, um im 97sten Stük der Hamburgischen Addreßcomtoir-Nachrichten 1790 eine ungefähre Beschreibung davon zu geben. Nun aber hat der Herr Rhein-

Rheinbaumeister Wiebekind die Güte gehabt, mir vollständige Zeichnungen von der fliegenden Brükke mitzuteilen, welche ich auf der dritten und vierten Tafel Fig. 3. 4. 5. in kleinerem Maasstabe dargestellt habe, und ihnen hier die Erläuterung beifügen werde.

Fig. 3. ist a. das Giertau, oder das mit der Brükkenkette zusammengefügte Seil.

b. die Pallwalze, das ist eine Winde, durch welche das Giertau angezogen oder nachgelassen wird, je nachdem der Fluß hoch oder niedrig ist. Denn ohne dies Abkürzen oder Verlängern würde die Brükke nicht an denselben Ort des Ufers anschlagen.

c. hinten und d. vorne sind sogenannte Raugeln, an welchen man zwei Anker durch Seile befestigt, die in dem Fall ausgeworfen werden, wenn die Brükkenkette bricht, um das Forttreiben der Brükke zu verhindern.

e. sind die Kreuzgewänder, f. Ledergewänder und g Haltgewänder, das sind: Ketten zur Haltung des Gerüstes, über welches die Brükkenkette hin und her gleitet.

h. kleine Walze, um mit Strikken die Brükke am Lande zu halten.

i. grosse Walzen oder Winde, um die Brükke ans Land zu bringen.

k. Fig. 5. Tab. IV. Grosse senkrechte Stender oder sogenannte Masten, obgleich das Schiff niemals segelt.

l. Queerbalken, über welchen das Giertau vergleitet.

m. Schrägbänder.

n. Klokke, die jedesmal kurz vor Abfahrt der Brükke geleitet wird.

o. Schütt. Dieses ist eine vierekte hölzerne Zurüstung in der Mitte des Zwischenraums zwischen beiden Schiffen, welche vermittelst einer Walze oder Haspels auf- und niedergelassen wird. Der Gebrauch davon ist dieser: Wenn der Strom schwach geht, so hat er nicht Anschlag genug auf die Körper und die Ruder der beiden Schiffe selbst. Alsdann wird dies Schütt bis zur erforderlichen Tiefe in den Strom hinabgelassen, aber auch, wenn derselbe wasserreicher ist und stärker fließt, wieder in die Höhe gewunden, damit die Impulsion des Stromes auf das Ganze jederzeit ungefähr gleich bleibe. Die Winde, wodurch

das

das Schütt auf und nieder gezogen wird, verbirgt sich in der Zeichnung Fig. 5. in P hinter der Palwalze B.

p. Fig. 4 Mastspur.

q. Ober-Bau und Gelender der Brükke.

Fig. 4. stellt den Plan Eines Schiffes von oben und Fig. 5 Tab. IV. den Queerdurchschnitt beider Schiffe, insonderheit das Schütt in o vor.

Diese fliegende Brükke trägt biß 60,000 Pfunde.

Dritter Abschnitt.

Von der Anwendung des Wassers zur Bewegung der Maschinen.

---

§. 33.

Die erste Spur von Anwendung des Wassers zur Bewegung von Rädern, die in dessen Strom gehängt waren, findet sich bei dem Vitruvius B. 10. Cap. 10, wo derselbe ein Schöpfrad, aber auch eine Wasser-Kornmühle so deutlich beschreibt, daß man sie nicht verkennen kann. So lange jedoch der Gebrauch erkaufter Sklaven zu allen schweren Arbeiten fortdauerte, scheinen Wassermühlen nicht sehr gemein gewesen zu sein. Vielleicht ward einerseits die Abnahme des Reichtuhms der Römer, bei welcher sie aufhören mußten so viele Sklaven zu kaufen und zu ernähren, anderseits die Einführung des Christentuhms Ursache, daß man dieselben mehr und mehr der Arbeit des Mahlens entledigte, und diese lieber durch Maschinen betreiben ließ. In dem sechsten Jahrhun-

hundert muß Rom deren viele gehabt haben. Denn als im J. 536 Vitiges, König der Visigothen, Rom belagerte, und die Wasserleitungen zerstörte, welche der Stadt das Wasser zuführten aber auch deren Mühlen trieben, half Belisarius lezterer Noht dadurch ab, daß er die Mühlen auf Schiffe bringen ließ, die er in die Tiber legte, und sie durch diese treiben ließ. In dieser Erzählung des Prokopius beweisen zwei Umstände, wie klein und unvollkommen diese Mühlen sein mußten: erstlich weil deren so viele von dem nur schwachen Wasser der Aquäducten getrieben waren, und zweitens, weil man sie sobald auf Schiffe verlegen konnte, welches man gewiß mit der kleinsten Wassermühle unsrer Zeit vergebens unternehmen oder mit langem Zeitverlust vollführen würde. So wenig hatte also in fünf Jahrhunderten die praktische Mechanik in der Anwendung der so wirksamen Kraft des Wassers gewonnen. Was sie in der Folge gewonnen habe und wie die Wassermühlen allmählich gewöhnlicher geworden sein, werden meine Leser im Zusammenhange in dem zweiten Bande von Herrn Beckmanns Beiträgen zur Geschichte der Erfindungen von S. 1 an lesen.

Es mag lange gedanert haben, ehe man die durchs Wasser in Bewegung gesezten Räder zu andern Zwekken, als zum Korumahlen und zur Hebung des Wassers selbst anwandte. Allem Ansehen nach waren die Sägemühlen die ersten, in welchen ein mehreres geschah. Herr Beckman findet von keiner frühere Gewisheit, als von der im

J. 1337 bei Augspurg zufolge von Stettens Kunstgeschichte der Stadt Augspurg S. 141 angelegten, die aber nur zu Einem Schnitt eingerichtet, folglich nichts besser als diejenige war, die man in Deutschen Berggegenden durch den Fall kleiner Bäche in Bewegung gesetzt antrift. Doch müssen auch diese lange selten geblieben sein, weil noch J. J. Becher in seiner weisen Narrheit und närrischen Weisheit sie für eine Erfindung seines, des sechszehnten Jahrhunderts ausgiebt.

§. 34.

Der natürlichste Weg, das Wasser zur Bewegung einer Maschine anzuwenden, ist freilich, wenn man einen grossen mit seinem natürlichen Abhange schnell abfliessenden Strom auf das Rad wirken läßt, welches die Maschine in Bewegung setzen soll. Es braucht keiner vorbereitenden Untersuchung dazu, wie viel der Strom vermöge. Ob er stark genug abfliesse, wird man in andern Umständen, insonderheit in der Schwierigkeit bald gewahr, die er den aufwärts fahrenden Schiffen in den Weg legt. Man hat es auch in der Macht, seine Wirkung durch die Länge oder Breite der Schaufeln des Rades zu vergrössern, welche man ihm in den Weg bringt.

Dennoch sind die Schifsmühlen, welche der Strom bloß mit der Gewalt treibt, die ihm sein Fall giebt, nicht die erste Erfindung derer, welche darauf verfielen, das

Wasser zur Bewegung der Maschinen anzuwenden. Dieß beweiset die im vorigen §. angeführte Erzählung zu einer Zeit, da man nicht die Kenntnisse und die Hülfsmittel hatte, ohne welche sich die vor der Anlage einer Mühle an kleinern Gewässern und auf festem Boden nöhtigen Untersuchungen nicht anstellen lassen, von welchen ich noch vieles zu sagen habe. Es gehörte wenig dazu einzusehen, daß, wenn man das Wasser eines in seiner Höhe veränderlichen Stromes dazu benutzen wolle, man die Welle mit dem Rade und der ganzen Maschine auf ein Schiff legen müsse, welches mit dem Strom sich heben und sinken könne; auch nicht dazu, ein zweites Schiff neben diesem zu legen, welches groß genug sein muß, um etwan das halbe Gewicht der auf dasselbe gelagerten Welle mit dem Rade tragen zu können. Diese Mühlen sind daher meines Wissens kein Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung geworden. **Beyer** widmet denselben in seinem Mühlen-Theater ein kurzes Capitel, in welchem das wichtigste dieses ist, daß, um bei dem langsamen Umlauf des Rades dem Mühlstein die ihm nötige Geschwindigkeit zu geben, man ein vorgelegtes horizontales Werk mit einem Sternrade anbringen muß. Den Stosbrettern der Wasserräder gibt er zehn Ellen Breite. Es ist leicht einzusehen, daß sie in einem sehr streng fliessenden Strome dieser Breite nicht bedürfen, bei einem sehr schwachen aber auch damit noch nicht in Gang zu bringen sein mögten.

Indessen ist doch mancher Strom zu schwach zur Anlegung einer Schiffsmühle. In demjenigen Teile grosser Ströme, in welchem Fluht und Ebbe wechseln, ist ihre Anlegung nicht bloß aus dem Grunde unmöglich, weil der Strom eben in diesen Teilen zu wenig Fall hat, sondern auch deswegen, weil die Mühle bei jedem Wechsel der Fluht und Ebbe ihren Gang verändern müßte. Die Maschine selbst würde dieß gar wol leiden; aber die Mühlsteine würden mit den dem Einen Gange gemäß in ihnen eingehauenen krummen Streifen bei umgekehrter Bewegung nicht wirken. Ich erwähne dieß bloß deswegen, weil ich so oft in diesen Gegenden von Leuten, die jene Mühlen kennen, die Frage höre, warum man nicht auch bei uns dergleichen habe. Auf der Elbe kenne ich keine unterhalb Magdeburg. Bremen hat sie zwischen den Jochen der Weserbrükke anlegen können, seitdem die Fluht wegen der Erhöhung des Bettes der Weser nicht mehr biß dahin steigt.

Bremen hat auch an eben dieser Brükke sein grosses Wasserrad mit einer festliegenden Welle. Aber die zwischen den 26 Fuß langen Speichen desselben angebrachten 11 Fuß hohen und über 6 Fuß breiten Schuzbretter faßt der Strom auch, wenn er niedrig ist, und übt einen hinlänglich starken Stos darauf aus, um das Rad in fortdauerndem Gange zu erhalten.

§. 35.

Ein an sich zur Treibung einer Mühle oder andrer Maschinen zu schwacher Strom erlangt die dazu nötige Kraft, wenn man ihn durch andre Werke der Kunst bewegt, daß er durch den ihm noch übrig gelassenen Weg so viel schneller sich durchdrängen muß. Ein merkwürdiges Beispiel davon giebt die so alte Londner Brükke. Diese ward vor Jahrhunderten mit noch roher Kunst so angelegt, daß man in jeden ihrer Pfeiler eine grosse Steinmasse in den Fluß lagerte, um ihn dadurch zu sichern. Wenn die Themse zwischen halber Fluht und halber Ebbe diese Steinmassen bedekt, so beengen ihre freilich überflüssig starken Pfeiler den Fluß noch nicht so sehr, daß er mit seiner gemehrten Stärke schon Maschinen-Räder treiben könnte. Aber wenn er noch nicht so hoch steht oder so weit gesunken ist, daß er seinen Weg zwischen diesen Steinmassen durch nehmen muß, der dann vielleicht nur zwei Fünfteile seiner natürlichen Breite ist, so gewinnt er bekanntlich einen so starken Fall, daß er für Schiffsmühlen viel zu mächtig sein würde. Dafür aber wird er angewandt, um fünf grosse Wasserkünste zwischen den dem Ufer zunächst belegenen Pfeilern für London und für Southwark zu treiben, welche auch bei wiederkehrender Bewegung der Räder gleichförmig wirken. Dagegen aber müssen diese Wasserkünste gänzlich feiern, so lange die Themse hoch genug fließt, um die Steinmassen zu bedekken und den freieren Weg zwischen den Pfeilern zu nehmen.

§. 35.

Indessen ist doch mancher Strom zu schwach zur Anlegung einer Schiffsmühle. In demjenigen Teile grosser Ströme, in welchem Fluht und Ebbe wechseln, ist ihre Anlegung nicht bloß aus dem Grunde unmöglich, weil der Strom eben in diesen Teilen zu wenig Fall hat, sondern auch deswegen, weil die Mühle bei jedem Wechsel der Fluht und Ebbe ihren Gang verändern müßte. Die Maschine selbst würde dieß gar wol leiden; aber die Mühlsteine würden mit den dem Einen Gange gemäß in ihnen eingehauenen krummen Streifen bei umgekehrter Bewegung nicht wirken. Ich erwähne dieß bloß deswegen, weil ich so oft in diesen Gegenden von Leuten, die jene Mühlen kennen, die Frage höre, warum man nicht auch bei uns dergleichen habe. Auf der Elbe kenne ich keine unterhalb Magdeburg. Bremen hat sie zwischen den Jochen der Weserbrükke anlegen können, seitdem die Fluht wegen der Erhöhung des Bettes der Weser nicht mehr biß dahin steigt.

Bremen hat auch an eben dieser Brükke sein grosses Wasserrad mit einer festliegenden Welle. Aber die zwischen den 26 Fuß langen Speichen desselben angebrachten 11 Fuß hohen und über 6 Fuß breiten Schuzbretter faßt der Strom auch, wenn er niedrig ist, und übt einen hinlänglich starken Stos darauf aus, um das Rad in fortdauerndem Gange zu erhalten.

§. 35.

Ein an sich zur Treibung einer Mühle oder andrer Maschinen zu schwacher Strom erlangt die dazu nötige Kraft, wenn man ihn durch andre Werke der Kunst bewegt, daß er durch den ihm noch übrig gelassenen Weg so viel schneller sich durchdrängen muß. Ein merkwürdiges Beispiel davon giebt die so alte Londner Brükke. Diese ward vor Jahrhunderten mit noch roher Kunst so angelegt, daß man in jeden ihrer Pfeiler eine grosse Steinmasse in den Fluß lagerte, um ihn dadurch zu sichern. Wenn die Themse zwischen halber Fluht und halber Ebbe diese Steinmassen bedekt, so beengen ihre freilich überflüssig starken Pfeiler den Fluß noch nicht so sehr, daß er mit seiner gemehrten Stärke schon Maschinen-Räder treiben könnte. Aber wenn er noch nicht so hoch steht oder so weit gesunken ist, daß er seinen Weg zwischen diesen Steinmassen durch nehmen muß, der dann vielleicht nur zwei Fünfteile seiner natürlichen Breite ist, so gewinnt er bekanntlich einen so starken Fall, daß er für Schiffsmühlen viel zu mächtig sein würde. Dafür aber wird er angewandt, um fünf grosse Wasserkünste zwischen den dem Ufer zunächst belegenen Pfeilern für London und für Southwark zu treiben, welche auch bei wiederkehrender Bewegung der Räder gleichförmig wirken. Dagegen aber müssen diese Wasserkünste gänzlich feiern, so lange die Themse hoch genug fließt, um die Steinmassen zu bedekken und den freieren Weg zwischen den Pfeilern zu nehmen.

§. 36.

Aber nun hat die Kunst auch es möglich zu machen gewußt, ein Mühlrad durch das Wasser eines stehenden Gewässers in Bewegung zu setzen. Anschläge der Art sind oft gegeben und leicht verständlich, wenn man sich eine durch Thiere in Gang gesezte Wasserkunst vorstellt, durch welche so viel Wasser in die Höhe getrieben wird, als nötig ist, um durch seinen Fall ein Rad umzutreiben. Aber mir ist kein solcher Anschlag bekannt, in welchem nicht die angewandte Kraft grössere Kosten gemacht hätte, als der von der Maschine gehofte Gewinn ertragen konnte. Nur mit Kräften lebloser Körper würde es Rechnung halten können; aber da wird es gewöhnlich rahtsamer werden, die angewandte Kraft selbst zur Bewegung der Maschine anzuwenden. Man kann sich z. B. eine durch den Wind in Bewegang gesezte Wasserkunst gedenken, die so viel Wasser in die Höhe bringt, daß dadurch ein Mühlenrad getrieben werden kann. Aber dann würde man doch lieber die Mühle selbst, wie in allen Windmühlen geschicht, durch eben den Wind unmittelbar treiben lassen, wenn die Umstände es einigermassen znlassen. Nur Eine Maschine kenne ich, bei der so etwas gelungen ist, ohne zu wissen, ob sie bisher in dem Lande, wo ich sie gesehen, nachgeahmt sei. Ein grosses Rad, welches eine Menge Bewegungen in Herrn Boultons bekannter grosser Fabrik bei Birmingham bewirkt, hängt über dem Wasser eines stehenden grossen Teichs. Eine dicht daneben angelegte Feuermaschine von Boultons und Watts ver-

verbesserter Erfindung hebt mit jedem Schlage zwei Oxhoft Wasser und gießt dieselbe in einen hölzernen Canal aus, von welchem dies Wasser auf das grosse Rad fällt, und es in einen fortdauernden zu seinen Zwekken völlig hinreichenden Umlauf sezt.

Ich kenne jedoch auch andre Angaben, und habe sie sogar in Ausfürung gebracht gesehen, wo Pferde zur Schöpfung des Wassers angewandt wurden, welches auf ein Rad sich ergoß, und eine Maschine in Bewegung sezte. Aber noch ist wol nicht eine Maschine dieser Art erfunden, an der es nicht bessere Rechnung hielte, wenn man die Kräfte der Tiere unmittelbar auf die Maschine wirken läßt.

§. 37.

Wo der Strom nicht allein durch die Kraft, mit welcher er fortfließt, grosse Räder bewegen kann, da muß man dieselbe durch einen künstlichen Fall zu vermehren suchen. Hier hängen alle Entwürfe von der Beschaffenheit des Erdbodens ab, durch welche der Fluß oder Bach fließt. In gebürgigten oder hüglichten Gegenden bietet sich leicht ein so hoher Fall dar, daß der ganze Durchmesser des Rades unter demselben angebracht werden kann. Eine kleine Wassermasse wird alsdann zu dessen Bewegung hinlänglich durch den Stoß, mit welchem sie auf das Rad fällt, aber noch mehr dadurch, daß man dem Rade an seiner Peripherie schräge Schaufeln

feln gibt, welche von der innern Seite her mit Brettern verkleidet, Kasten ausmachen, in welchen sich das auffallende Wasser fängt, bis es sich mit der Drehung des Rades wieder unten ausgießt. Das Rad ist also auf einer Seite mit einem starken Gewicht Wassers beschwert, welches auf der andern Seite ganz fehlt. Räder dieser Art nennt man oberschlächtige Räder.

Da, wo man diese Höhe des Falls nicht gewinnen kann, muß man zufrieden sein, wenn man das Wasser bei einem kleinern Fall mit hinlänglicher Masse auf die Schaufeln der Räder auffallen lassen kann. Aber auch hier veranlaßt der kleinere oder grössere Vorraht des Wassers eine beträchtliche Verschiedenheit in ihrer Breite und der Gestalt ihrer Schaufeln, d. i. der in ihrer Peripherie angebrachten Bretter, auf welche das Wasser seinen Stoß übt. Hat das Rad eine doppelte Felge, zwischen welche diese Bretter eingeschoben sind, so ist dessen Benennung **Staberrad**. Hat es aber eine einfache Felge, auf welche diese Schaufeln perpendicular ausserhalb befestigt werden, so ist es ein **Strauberrad**. Doch bleibt ihm auch diese Benennung, wenn es bei grösserer Breite eine doppelte Felge hat, und die Schaufeln auf ähnliche Art darauf befestigt werden. Das **Staberrad** erfodert eine grössere Breite von 3 Fuß wenigstens, wenn nicht das Wasser zwischen seinen Felgen beklemmt werden, und noch mit hinlänglicher Gewalt auf die Schaufeln wirken soll. Bei den Strauberrädern können die

Schau-

Schaufeln schmäler sein, und das Wasser gewinnt einen freiern Anschlag auf dieselben. Sie sind also noch anwendbar da, wo das Gewässer nicht reich genug ist und nicht Fall genug hat, um ein Staberrad zu treiben und ihre Breite kann bis auf 2 Fuß abnehmen. Bei allen diesen Rädern ist zwar eine gewisse Wassermasse notwendig, aber ein Ueberfluß des Wassers nicht zuträglich. Es muß also für den Abfluß desselben gesorgt werden, wenn die Witterung und Jahrszeit denselben entstehen macht. Wenn dieser Ueberfluß unterhalb des Rades sich nicht verlaufen kann, sondern gegen die Schaufeln desselben zurüktritt, so wird der Gang desselben aufgehalten und endlich ganz gestört. Wenn man diesen Fall als wahrscheinlich oft entstehend voraussieht, so muß man der Welle des Rades eine bewegliche Unterlage geben, mit welcher Welle das grosse Rad und das inwendig wirkende kleinere in die Höhe gewunden werden können, so wie es der oberhalb und unterhalb der Mühle entstehende Ueberfluß des Gewässers nohtwendig macht. Räder dieser Art nennt man **Pansterräder** und die Mühlen selbst **Pansternmühlen**. Ich habe derselben bereits mit kurzem §. 62. der Mechanik erwähnt, muß aber hier hinzusetzen, daß, weil bei dieser Verrükkung der Welle der Eingrif des an derselben befindlichen Kammrades in den Trilling, mit welchem der Mühlenstein sich dreht, nicht Statt hat, wenn nicht derselbe so hoch gemacht wird, daß dessen Stäbe zu schwach werden würden, dies zur Anbringung eines vorgelegten Werks, das sich auch ver-

schie-

schieben läßt, nötigt. Weil man aber bei eben diesen Mühlen auf einen Ueberfluß von Wasser rechnen kann, so leitet dies auf eine Einrichtung, durch welche zwei Gänge zugleich getrieben werden. Zu diesem Behuf aber muß dann dieses Pansterrad die zwiefache Breite des Staberrads, nemlich 8 Fuß haben, um sich einer zwiefachen Masse Wassers zum Anfall darzubieten.

§. 38.

Nun giebt die Natur der Sache an, daß man keine unterschlächtige Mühle anlegen könne, bevor man sich gewiß gemacht hat, ob das zu deren Treibung bestimmte Gewässer Kraft genug dazu, oder welches Maas der Kraft es habe, um dem zufolge ein schmäleres leichter zu bewegendes Staber- oder ein Strauber-Rad in dessen Fall anzubringen. Diese Kraft hängt nun von zwei Stükken ab, nemlich der Masse des auf das Rad herabströmenden Wassers und von deren Geschwindigkeit. Die Masse bestimmt man bei Anlegung einer Mühle durch die Grösse der Oefnung, welche man dem Mühlenstrom giebt, um ihn auf das Rad fallen zu machen. Diese wird von deutschen Praktikern angenommen:

1.) Für ein grosses Staber-Rad von 48 Zoll Breite 60 Zoll und 24 bis 30 Zoll hoch.

2.)

2.) Für ein Strauberrad von 30 Zoll Breite 36 Zoll weit und 18 Zoll hoch.

3.) Für ein Pauster-Rad doppelt so breit, als für ein Staberrad, und eben so hoch.

Der Mühlenstrom muß also wasserreich genug sein, um diese Wassermasse fortdauernd, wenigstens nach einer Durchschnitts-Rechnung durch jene Oefnung auf das Rad zu schütten. Oder, wenn dieser Zufluß durch die zu beschreibende Untersuchung bekannt ist, dann wird mit Zuverlässigkeit sich ausmachen lassen, welche Art von Zeuge, (welches das Kunstwort ist,) angelegt werden könne, und wie mit dem Wasser gewirtschaftet werden müsse, um, was man an Wasser zu wenig hat, durch den Fall zu ersezen, oder umgekehrt. Ich will zu einer Probe nur Eine Rechnung machen, deren Resultat die Anlegung eines grossen Staberzeuges mit einem 4 Fus breiten Rade ist, und in derselben die Rechnung des Praktikers **Beyer** in dessen **Mühlen-Theater** Cap. 2. so weit verfolgen, als ich kann. Denn **Beyers** Fortsezer und Verbesserer **Wienhold** (Dresden 1788.) zeigt einen erheblichen Irrtuhm in derselben.

Kleine Gewässer werden ganz zur Treibung der in ihnen angelegten Mühlen angewandt. Alles Wasser, was der Bach oder das Flüßgen giebt, muß durch jene

klei-

kleinern oder grössern Oefnungen auf das Mühlenrad fallen. Man muß daher die Wassermasse so bestimmt, als möglich, kennen, welche sie in ihrem natürlichen Zustande der Mühle geben können. Dies zu erfahren, muß man zuvörderst die Wassermasse wissen, welche der Mühlenbach in einem bestimmten Teile seines Raums faßt, und demnächst wissen, wie schnell diese aus einerlei Raum wegfließt. Jene Vorarbeit zu verrichten hilft die Geometrie. Man wählt einen Teil dieses Bettes nahe vor dem Orte, wo man die Mühle anzulegen vorhat, in dessen Tiefe und Breite man keine beträchtliche Verschiedenheit bemerkt. Man mißt und berechnet dessen Durchschnittsfläche unter dem Wasserspiegel des Gewässers so, wie man sonst eine irreguläre Figur mißt, so genau als möglich. Dann multiplicirt man diese durch die Länge. So hat man den Inhalt von dem Wasser-Prisma, das dieser Teil des Mühlenstroms in der gewählten Länge hält. Wir wollen annehmen, diese falle bei 20 Fuß Länge auf 400 Cubikfuß aus.

§. 39.

Aber nun kömmt es darauf an, in wie vieler Zeit der Mühlenstrom diese 400 Cubikfuß wiedergebe, wenn die jezt in diesem Prisma vorhandenen auf das Rad abgeflossen sind. Dieß erfährt man, wenn man die Geschwindigkeit desselben in dieser Stelle mißt. Je genauer die Versuche darüber nach Anleitung des 28sten §. angestellt

stellt werden, desto besser ist es freilich. Aber wenn man dann auch die Geschwindigkeit blos nach einem auf der Oberfläche schwimmenden Körper mißt, und dadurch ein kleineres Resultat des Versuchs bekömmt, als wenn man sie tiefer hinab gemessen hätte, so ist der Irrtuhm nicht so nachteilig, als wenn man die Geschwindigkeit und folglich den zu hoffenden Zufluß des Wassers zu groß angenommen hätte. Das aber versteht sich, daß man den Versuch in einer Jahrszeit mache, in welcher man annehmen kann, daß die Quellen des Mühlenstroms ihr mittleres Maas von Wasser geben, ohne daß starke vorgängige Regengüsse den Bach oder den Fluß zu stark hätten anschwellen machen.

Das Zeitmaas zu diesem Versuche muß dann freilich eine Uhr sein, die Secunden angiebt. Hat man diese nicht, und nur ein richtiges Pariser Maas, so gelangt man zu einem noch bessern Zeitmaasse, wenn man eine mässig grosse bleierne Kugel an einem in ein Holz gestossenen Nagel mit einem Faden hängt, dessen Länge man auf 9 Zoll $2\frac{1}{8}$ Linien Pariser Maaß mit dem Halbmesser der Kugel abgepaßt hat. Denn man hat einen Zeitmesser von einer halben Secunde; und wenn man die Länge auf 4 Zoll 1 Linie bestimmt, gar von $\frac{1}{3}$ Secunde. Ein kleiner Fehler in dieser Länge, in dessen Folge sich eine Abweichung nach einigen hundert Schlägen des Pendels allererst zeigen würde, ist hier von keinen schädlichen Folgen.

Nach

Nach dieser leichten Zurüstung werfe man eine Kugel, oder besser eine platte Scheibe, die der Wind weniger faßt, in die Mitte des Gewässers, setze in demselben Augenblik das Pendul in Bewegung, und zähle dessen Schläge, bis die Kugel eine vorher genau gemessene Weite durchflossen hat. Freilich ist es wolgetahn, wenn mehrere an diesem Versuche Teil nehmen auch dann der Versuch mehreremal wiederholt, und aus dem gewiß nicht ganz gleichen Resultate ein Arithmetisches Mittel genommen wird.

§. 40.

Jezt wird ein Beispiel nötig. Es sei zur Bestimmung der Geschwindigkeit eine Linie von 100 Fuß an dem Ufer des Mühlenbachs abgesteckt, und das Resultat des Versuchs falle auf 170 Secunden aus. So ist unter der Voraussetzung, daß die an der Oberfläche gemessene Geschwindigkeit wenigstens die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Gewässers sei,, ein Prisma Wasser, 5 mal 400 Fuß das ist 2000 Cubikfuß groß, durch diesen Raum geflossen, und man kann annehmen, daß man einen Mühlenstrom habe, der in seinem mittlern Zustande so viel Wasser in der gemessenen Zeit geben werde. Um jedoch die noch nötige Rechnung vorzubereiten, rechnet man: 170 Secunden geben 2000 C. F. Wasser; was geben 60 Secunden oder Eine Minute? Dies giebt beinahe 706 C. F.

Ich muß jedoch, um die fernere Rechnung verständlicher zu machen, so viel von der Anlage eines unterschlächtigen Mühlen-Ganges hier beibringen, als nötig ist, ohne in die Mühlenbaukunst selbst mich einzulassen. Die 6te Figur stellt in rohen Zügen das Rad A mit dessen **Gerinne** dar, welches von dem **Fachbaum** B bis C hinab 10 Zoll lebendiges Gefälle hat. Ueber dem Fachbaum B wird bis D hinauf das Wasser durch die Schuzbretter in seinem **Wasserstande** 31 Zoll hoch gehalten. Die Schuzbretter haben bei einem 4 Fuß breiten nnterschlächtigen Rade 60 Zoll Breite. Wenn sie auf 30 Zoll aufgezogen sind, daß der Wasserspiegel nur einen Zoll höher, als die Oefnung steht, so schießt eine Wassermasse von der bemerkten Breite, und Höhe, folglich mit einer Durchschnittsfläche von 60×30, das ist 1800 Quadratzollen hervor. Die Rechnung ist also zn machen, wie viel dieß in jeder Minute betrage, um es mit jener Wassermasse zu vergleichen, welche der Mühlenstrom in jeder Minute herbei führt.

Der Praktiker hält sich gewiß, daß ein Zufluß des Wassers von 700 C. F. in jeder Minute zureiche, um bei einem Gefälle von 42 Zoll eine der größten Stabermühlen anlegen zu können.

Beyers weitere Rechnung gründet sich auf **Marriottens** Versuch, nach welchem durch eine Zirkelrunde Oefnung von Einem Zoll, wenn Wasser eine Linie höher

über

über deren Stand steht, um sie völlig zu dekken, und dann ohne Abgang erhalten wird, 14 Pariser Pinten, die wenig grösser, als das Hamburgische Quartier sind, in Einer Minute giebt. Diese Wassermasse nennt er mit Mariotte einen **Wasserzoll.** 35 dieser Pinten rechnet er nach **Mariotten** auf Einen Cubicfuß; es versteht sich auf einen Pariser. Aber da die Pinte nach **Krusen** 47⅔ Cub. Zoll hält, so muß man deren 36, 54 auf den Cub. Fuß rechnen. Nicht blos dieses Umstandes wegen verlasse ich **Beyers** Zahlen und Rechnung, die er so abpaßte, daß aus der Oefnung des Mühlenstroms bei ganz aufgezogener Schüze eben so viel Wasser ausflosse, als der Mühlenbach geben konnte. Ich würde auch nicht so lange mich damit beschäftigt haben, wenn nicht sein Buch dasjenige wäre, aus welchem die deutschen Müller bis jezt das meiste Licht suchen, seitdem es aus der Pfandschaft wieder frei geworden ist, in welche es nach seinem Abdruk im J. 1735 durch den Bankerot des Verlegers geriet. **Beyer** berechnet aus **Mariottens** Versuch ferner die Masse Wasser, die aus einem Zirkel einen Fuß weit fließt. Die Zahl dieser Zirkelzolle ist so gut 144 in dem Zirkelfuß, als die der Quadratzolle in einem Quadrat-Fuß. Weil wir aber, er das Leipziger, ich das Hamburger Maas annehmen, so kömmt es nun darauf an, wenn wir von Mariottens Versuch die Anwendung machen wollten, die Zahl der Pariser Zirkelzolle zu bestimmen, welche ein Hamburgischer Zirkelfluß und demnächst ein Hamburgischer Quadratfuß faßt.

faßt. Dies findet sich in dem von Kruse Tab. X. seines Kontoristen berechneten Verhältniß 12856 : 10000. Man rechne also: 12856 : 10000 = 144 : 112,01 Par. Wasserzoll. Dieses multiplicire man mit 14, gibt 1586,14 Pinten. Dieses dividire man mit 36,54, so entstehen 42,915 Par. Cubikfuß. Diese nach dem Verhältniß : 10000 : 14577 (dem umgekehrten Verhältniß des Parisers zum Hamburger Cubikfuß) reducirt geben 62,557 Hamb. C. F., welche durch einen Hamburger Circularfuß in einer Minute fliessen. Nun muß berechnet werden, wie viele deren durch einen Quadratfuß fliessen. Das Verhältniß des Cirkels zum Quadrat seines Diameters : 7854 : 10000 gibt 79,65 Cub. Fuß.

Die volle Oefnung des Gerinnes von einem grossem Staberrade ist 30 Zoll hoch und 60 Zoll breit. Die Fläche dieser Oefnung ist also 1800 Quadr. Zoll. Nun rechne man 144 geben 79,65, was 1800? und die Rechnung schließt sich mit der Zahl 995 $\frac{5}{8}$ C. Fuß.

§. 41.

Diese Rechnung gibt beinahe 300 C. F. mehr, als der Mühlenbach §. 40 in einer Minute zuführt, und wir auf Glauben des Practikers Beyer als hinlänglich zur Treibung einer Stabermühle angesehen haben, wenn deren Rad zwei Ellen breit ist. Nun hat zwar der Müller es in der Macht, durch Stellung des Schuzbrettes so viel

Wasser schiessen zu lassen, als ihm zur Treibung seiner Mühle genau nötig ist. Aber **Beyer** wuste oder bedachte nicht, daß das Wasser aus einer Einen Fuß hohen Oefnung um so viel lebhafter hervorfließt, je tiefer es fließt, und je stärker es folglich von dem obern Wasser gedrukt wird. Diesen Saz, der vollkommen wahr ist, wenn das Wasser aus einzelnen Oefnungen in frei hervorschiessenden Stralen ungehindert ausfließt, legt die Theorie zum Grunde, und bestimmt dem zufolge die aus einer vierekten Oefnung hervorfliessende Wassermasse gleich einem paraboliſchen d. i. eine Parabel im Durchschnitt habenden Prisma, dessen Höhe AB der Höhe der Oefnung, die Grundlinie BC der Linie der Geschwindigkeit des Wassers von dem untersten Punkt aus, die Länge BD aber der Breite der Oefnung gleich ist. Deutsche Leser können sich darüber aus des sel. **Karstens** Hydraulik §. 75. ff. am besten belehren. Ich habe hier nur die 7te dieser Theorie angehörende Figur hergesezt.

§. 42.

Diese Theorie giebt ein bei weitem grösseres Resultat an. Bei 30 Zoll Höhe und 60 Zoll Breite fällt die Rechnung auf 2500, statt jener 995 $\frac{5}{8}$ Cubikfuß, aus, die ich mit Beyern berechnete, ohne die beschleunigte Bewegung des tiefer ausfliessenden Wassers zu beachten. Wenn nun gleich, wie gesagt, der Müller es in der Macht hat, den Abfluß des Wassers so zu mindern, als es ihm dienlich ist, und wenn auch gleich die Theorie

berechnen kann, wie tief er das Schußbrett senken, und die Oefnung bestimmen müsse, damit nicht mehr als die 700 Cubikfuß in Einer Minute durch schiessen, mit welchen er seine Mühle schnell genug umlaufen sieht, so ist doch auch in dieser Theorie ein wichtiger Umstand nicht bedacht, nemlich dieser: Wenn durch den perpendiculären Einschnitt einer Fläche das Wasser hervorbricht, so fließt es nicht so frei aus, als es aus jedem einzelnen Puncte in eben diesem Einschnitte hervorstralt. Man stelle sich die durch einen solchen Einschnitt hervorströmende Wassermasse vor, und teile den Einschnitt in etwa zehn Teile, um der Vorstellung zu helfen. Das aus dem öbersten Zehnteile hervorströmende Wasser hat die mindeste Geschwindigkeit, und schießt am mindesten vorwärts. Es fällt, sowie es hervorgekommen ist, in einer engen Parabel niederwärts. Das aus dem zweiten kommende würde wegen seiner grössern Geschwindigkeit eine weitere Parabel beschreiben, wenn es nicht die engere Parabel des obern Wassers in seinem Wege anträfe, wodurch es gegen die Oefnung selbst zurük gedrükt wird, und das noch nachdrängende Wasser hindert, daß es nicht so schnell hervorkommen kann. So hält immer das höher hervorschiessende Wasser das untere zurük, und das unterste kann deswegen nicht die Schnelligkeit erlangen, welche es haben würde, wenn in diesen Zehnteilen Löcher in einigem Abstande von einander gebohrt wären, und zehn Stralen hervorschössen, die erst in der Luft auf einander stiessen. Aber bei diesem Hervorschies-

schiessen der ganzen Masse entsteht ein zusammenhängender Körper, von welchem nicht jeder einzelne Teil die Bewegung behaupten kann, welche er einzeln und allein haben würde. Wer einen der nur zu künstlichen Wasserfälle gesehen hat, in denen man das Wasser wie an einer Treppe in sogenannten Nappes d'eau frei herabfallen läßt, der bemerke, wie so nahe vor dem Uebersall diese Nappe wie ein Tuch herab hängt. Nun stelle er sich vor, daß aus tiefer unten gemachten Einschnitten eine oder mehrere solcher Nappes hervorbrächen; würden sie nicht von der öbern in ihrem Fall gestört, und selbst deren freier Ausflus gehindert werden? Man bedenke auch dies dabei, daß die öbern Teile über die untern, als über eine schräge Fläche herabfallen, welches nicht geschehen kann, ohne daß sie auf dieselben drükken, und zwar in einer andern Richtung, als in welcher dieselben sich fortbewegen wollen. Bei den gewönlichen Stabermühlen kömmt das zu unterst ausstürzende Wasser gar nicht einmal in einen freien Fall, sondern gleitet über den Fachbaum auf die von demselben mit 10 Zoll abfallende Fläche des Gerinnes nicht ohne starke Aufhaltung fort, da dann das nachschiessende Wasser von der ihm nach der Theorie zukommenden Geschwindigkeit einen grossen Teil, vielleicht die Hälfte, verliert.

Man wird nicht mit dieser Theorie zu einiger Zuverlässigkeit gelangen, wenn man dieselbe nicht auf weit mehr Versuche über die Geschwindigkeit der mit Fall und

Druk fliessenden Gewässer gründet, als welche bisher gemacht sind. Der oben angeführte Wohltmannische Strommesser wird hoffentlich uns weiter darin helfen können. Doch müßte, um ihn in Mühlenströmen anzuwenden, wo es darauf ankommen würde, in mindern Tiefen und von Zoll zu Zoll die Geschwindigkeit des abschiessenden Mühlenstroms zu untersuchen, das Instrument nach einem kleinern Maasstabe ausgearbeitet werden, wie auch Herr Wohltmann selbst angegeben hat.

§. 43.

So lange diese Geschwindigkeit einer aus einer grossen Oefnung hervorströmenden Wassermasse nicht so ausgemacht ist, daß man wenigstens die Mittelgeschwindigkeit der ganzen Masse fester bestimmen kann, so lange halte ich auch die Bemühungen der Mathematiker für unvollendet, und deren Resultate für unzuverlässig, durch welche ste dem Mühlenwesen haben zu Hülfe zu kommen gesucht. Es wird insonderheit auch davon die Vollendung der Theorie von der Grösse des Stosses abhängen, mit welchem das Wasser auf die Mühlenräder wirkt. Man nehme an, das Wasser schiesse aus einem Wasserstande einen Fuß hoch über dem Fachbaum mit einem lebenden Gefälle von 20 Zoll in das Gerinne herab und auf die Schaufeln eines Mühlenrades, so geht freilich noch nichts der Richtigkeit der in **Karstens** Hydraulik §. 98 ff. angegebenen Formeln für den Stoß des Wassers

ab.

ab. Aber weil zwei gegebene Grössen in dieser Formel die angenommene Wassermasse und deren Geschwindigkeit sind, und ich aus den im vorigen §. angegebenen Gründen zweifeln muß, ob beide nach der paraboliſchen Theorie sich nur halbrichtig oder nur durch Näherung bestimmen lassen, so ist die Berechnung von der sich dadurch bestimmenden Kraft des Stosses so lange noch immer sehr ungewiß. Eben so lange ist auch der so richtige und bündigst erwiesene Saz, **daß die vorteilhafteste Wirkung des Wassers auf das unterschlächtige Rad alsdann Statt habe, wenn es mit einer Geschwindigkeit dasselbe trift, die dreimal grösser, als die des Rades ist,** keiner ganz zuverlässigen Anwendung fähig.

Ich sage dies nicht, um die Bemühungen grosser Mathematiker herabzuwürdigen, durch welche sie die Theorie der Mühlen durch Anwendung der in diesem Jahrhundert so sehr verbesserten Hydrodynamik haben vollkommner zu machen gesucht. Vielweniger mögte ich dieselben als vergeblich ansehen. Sie werden gewiß zu seiner Zeit ihre Frucht tragen. Aber das werde ich sagen dürfen, daß ich diese Frucht noch nicht als reifgeworden ansehe, bevor eine Menge Erfahrungen gemacht sind, welche gewiß eine grosse Abänderung jener paraboliſchen Theorie zur Folge haben werden. **Karsten** hat selbst §. 81 eine Bedenklichkeit dabei, wiewol eines andern Inhalts, als ich, geäussert. In der Vorrede zu seiner Preis-Abhandlung von der vorteilhaftesten Anordnung der Feuersprü-

sprüzen, Greifsw. 1773. 4. geht sein Geständnis viel weiter: "Die Theorie von der Bewegung des Wassers "in Röhren ist ungleich weiter gebracht, als die Theorie "von der Bewegung des Wassers in offenen Canälen "und Flüssen. — — Auf fliessendes Wasser läßt sich "gewiß nicht alles das schlechthin anwenden, was nur "von Puncten gilt, die auf einer gegen den Horizont ge- "neigten geraden Linie ganz frei und im leeren Raume "herab fallen u. s. w." Bestimmter und umständlicher redet von der Unzulänglichkeit der Theorie in diesem Falle Herr Langsdorf im 5ten Cap. seines **Versuchs einer neuen Theorie Hydrodynamischer Grundlehren.** Es sind ohne Zweifel viel vortrefliche Materialien zu einer möglichst vollkommnen Theorie der Mühlen in jenen Untersuchungen vorhanden, deren Benuzung vielleicht die künftige Generation sich zu erfreuen haben, dann ihre Mühlen vollkommner bauen, und den ohnehin oft zu sparsamen Wasserschaz mit möglichstem Vorteile anwenden lernen wird.

§. 44.

Mittlerweile hilft sich die Praktik in allerlei Wegen. Die Mannigfaltigkeit in der Anlage der Mühlen ist unendlich verschiedener, als man sie aus Büchern kennen lernt, die vom Mühlenbau handeln. Ein jeder Müller oder Mühlenbaumeister bedient sich des Wassers auf andere und andere Art den Umständen nach. Ich habe

hier

hier in unserer Stadt Mühlen unter Augen, die einen mit der Höhe des Alsterflusses sehr abwechselnden und oft auf 4 Fuß steigenden Wasserstand haben, und noch ist deren lebendes Gefälle 5 Fuß. Beyer erwähnt in seinem Mühlentheater so wenig als sein Verbesserer, Herr Wienhold beides der Möglichkeit, und der Rathsamkeit einer solchen Anlage, die aber hier mehrere Umstände notwendig machen. Die untern Mühlen, welchen das Wasser von diesen zufließt, haben an Wasserstand und lebendem Gefälle nur 4 Fuß, und Eine derselben ein Staberrad von 22 Fuß im Durchmesser, und 5 Fuß Breite. Man wird bei wenig Müllern so viel Kenntniß antreffen, daß sie sagen könnten, wie viel Cubikfuß Wasser der Fluß oder Bach ihrer Mühle in jeder Minute abgeben müsse. Aber gesezt, einer weiß es, oder nimmt es auf Glauben von Beyers Berechnung an, daß ein Bach, welcher in einer Minute 706 Cubikfuß Wasser schüttet, stark genug ist, um ein unterschlächtiges Wasserrad und zwar ein Staberrad 4 Fuß breit zu treiben, so gilt es ihm einerlei, wie viel Wasser durch die volle Oefnung sich verschütte, ob genau diese 706, oder nach meiner auch noch nicht ganz richtigen Rechnung 954, oder 2500 Cubikfuß nach der paraboliſchen Theorie. Er braucht doch nimmer die ganze Oefnung, sondern hat es in der Macht, die Schütze nur so weit aufzuziehen, daß etwan nur die 700 Cubikfuß in einer Minute durchfliessen, welche der Strom geben kann, und die für seine Mühle hinlänglich sind.

Wenn der Mühlenstrom in jener Untersuchung nicht so viel Wasser gibt, vls ein so breites Staberrad zu treiben nötig ist, so mindert man die Breite desselben bis auf 3 Fuß. Vermag die Masse desselben noch weniger, so kann ein unterschlächtiges Rad dennoch gehen, wenn man es als ein Strauberrad bildet. Hat man bei wenigem Wasser einen etwas höheren Fall, als zu einem Wasserstande über den Fachbaum nötig ist, aber nicht genug, um ein oberschlächtiges Rad unter demselben anzubringen: so kann es dennoch mit einem unterschlächtigen gelingen, wenn man den Wasserstand beträchtlich höher halten kann. Denn das Wasser, welches unter der Schütze durchschießt, gewinnt durch den Druk des über demselben gehaltenen Wassers mehr Geschwindigkeit und Kraft, wenn gleich bei kleinerer Masse. Wenn man einen Fall von etwa 8 Fuß hoch gewinnen kann, der dann der Hälfte der gewöhnlichen Höhe eines Wasserrades gleich ist, so gewinnt man dadurch sehr viel, wenn man die Schaufeln des unterschlächtigen Rades nach innen zu verkleidet, daß sie Tröge abgeben, in welche so, wie bei dem oberschlächtigem Wasserrade das Wasser nicht nur hineinstürzt, sondern auch darin hängen bleibt, und durch sein Gewichte mit fortwirkt. Mir hat ein Müller versichert, daß er vormals eine solche Sackmühle in Pacht gehabt habe, deren Rad 20 Fuß im Durchmesser hatte, wo er aber die Schütze nur 3 Zoll aufziehen durfte, um sie in den lebhaftesten Gang zu setzen.

Bei dem allen kömmt es sehr auf das Verhältnis der Geschwindigkeit des Wassers zu der Geschwindigkeit des Rades an, welche zu der Absicht desselben die zuträglichste ist. Diese bestimmt sich aus der Zahl der Umläufe des Laufers oder des obern Mühlsteins. Ich habe (Mechan. §. 95.) Beyern nachgeschrieben, daß die zuträglichste Geschwindigkeit desselben sei, wenn derselbe 36 Umläufe in Einer Minute mache, und dieser scheint fast eine andre Geschwindigkeit nicht zu kennen. Aber man treibt es auch gern damit höher bis auf 60 Umläufe, wenn man auf Kraft genug rechnen kann. Wenn nun dies bestimmt und dem zufolge die Geschwindigkeit berechnet ist, welche das Mühlenrad in seinem Umkreise haben muß, so tritt der Fall ein, dessen ich (§. 97. Mechan.) im Allgemeinen erwähnt habe, welche Geschwindigkeit das Wasser haben müsse, um durch seinen Stoß diese Bewegung aufs vorteilhafteste zu bewirken: denn ist dessen Geschwindigkeit zu viel, so geht zwar das Rad schneller, aber der dadurch erlangte Vorteil ist zu klein gegen den Aufwand an Wasser. Ist des Wassers Geschwindigkeit kleiner, so ist die Bewegung nicht schnell genug, und auch dann wird weniger Wasser erspart, als im Verhältnis dieser mindern Geschwindigkeit sein sollte. Zu Ansehung dieses wichtigen Punkts ist die Theorie der Praxis mit besserm Erfolg zu Hülfe gekommen, und man kann es für ausgemacht annehmen, daß das vorteilhafteste Verhältniß dieses ist, wenn die Geschwindigkeit des Wassers dreimal so groß als die der Schaufeln wird. Aber diese

Ge-

Geschwindigkeit des Wassers, mit welcher es aus dem Gerinne hervorschießt, zu berechnen, müßte dann wieder jene (§. 41.) erwähnte Theorie zu Hülfe kommen. Ich habe aber bereits gesagt, daß und warum ich an deren Richtigkeit zweifle. Eine unmittelbar über dem Boden des Mühlengerinnes mit einem Wohltmannischen Strommesser angestellte Erfahrung würde dem Müller nüzlicher als alle Theorie sein. Aber da er jenen Strommesser so wenig wie diese Theorie kennt, so hilft ihm auch hier seine einzelne Erfahrung bei seiner einzelnen Mühle. Wenn er des Wassers nicht zu viel hat, oder auf einen Ueberfluß desselben nicht für lange Zeit rechnen darf, so merkt er bald, ob er auch des Wassers zu viel verschütte, indem er seine Mühle in den zuträglichsten Gang sezt.

§. 45.

Belidor hat bisher die Mühlen in der größten Mannigfaltigkeit dargestellt, und insonderheit eine Mühle zu la Fere, die er unter Augen hatte, genau berechnet, welche in manchem nach ihm geschriebenen Buche zum Muster angenommen ist. Aber eben bei dieser hat er das hydraulische fast zu sehr übersehen. **Ferguson** hat in seinen beliebten Lectures on Mechanics &c. Lect. IV: viel Gutes im Kurzen über Mühlen gesagt, aber nur so, wie er sie in England kannte. Ich lerne aus ihm, daß man den Läufer in England nur 1900—2000 Pfund schwer nimmt, da er in Deutschland und auch in

Frank-

Frankreich zwischen 4 und 6000 Pfund schwer genommen wird. Auch sehe ich, daß man dem Kammrad 61 Zähne und dem Trilling 10 Stäbe gibt, der Regel gemäß, welche ich §. 40. der Mechanik angegeben habe, die aber Beier und andere deutsche Mühlenbücher bei Wassermühlen nicht kennen. Das habe ich selbst gesehen, daß man in England mit dem Wasserschaz für die Mühlen nicht so wirtschaftet, als in Deutschland. Man sieht selten eine Mühle an einem Teich angelegt, sondern der Bach treibt seine Mühle, so lange er kann. Ist des Wassers zu viel in seinem Bettte, so wird es seitwärts abgelassen.

Mit den oberschlächtigen Mühlenrädern ist man zwar weniger verlegen, und zwar in Berggegenden, die der Quellen viel haben, und wo mau sehr leicht einen auch hohen Fall gewinnt; die Theorie mag hier auch besser in der Berechnung der Geschwindigkeit und des Stosses zutreffen, weil eine kleinere Wassermasse hier angewandt wird, welcher man in dem zuführenden Gerinne mehr Gefälle gibt, und sie frei durch die Luft herabschiessen läßt. Beyer gibt Cap. 8 ohne Theorie einiges darüber an. Aber bei dem allen wird es bei Anlegung oberschlächtiger Mühlen öfter, als bei den unterschlächtigen, verfehen. Man verläßt sich zu sehr darauf, daß man bei diesen mit einem kleinen Wasserschaz ausreichen könne. Man glaubt es durch die Höhe des Rades zwingen zu können, wenn die Quelle oder der Teich, welcher das Wasser hergibt, gleich nicht sehr viel verspricht. Man bauet die

Mühle

Mühle aufs Geratewol hin, die nachher ihren Besizzer nicht nähren kann. Mir sind viele Exempel von solchen Vorfällen bekannt. Oder man hat einen nur kleinen Fall, und glaubt es zwingen zu können, wenn man das kleine Rad so viel breiter macht, damit dessen Schaufeln mehr Wasser fassen. Aber dann will die Quelle oder der Teich nicht das mehrere Wasser hergeben, und die Mühle muß deswegen oft stille stehen.

Anmerkung.

Ich will zu einem Beweise, wie verschieden den Umständen nach selbst in Einer Stadt die Mühlen in Absicht auf Wasserstand und Gefälle angelegt werden, beifügen, was ich nach zuverlässigen Messungen des hiesigen Grenzinspektors, Herrn Reincke, davon mitteilen kann. Die Mühlen unserer Stadt sind alle unterschlächtige Strauberräder, nur zwei ausgenommen. Dreizehn derselben werden unmittelbar und allein von dem Wasser der Alster getrieben, eines mäßigen Flüßchens, dessen Wasser aber durch die Vordammung, auf welcher die unter dem Namen des Jungfernstiegs bekannte Promenade angelegt sich befindet, in einem grossen Bassin gesammelt wird. In diesem darf es im Winter zu der Höhe des Mahlpfahls 61 Zoll über dem Fachbaum oder Schüttbalken gestauet werden. Im Sommer aber sind nur 41 Zoll erlaubt. Die Erfahrung giebt, daß,

wenn alle 13 Gänge, etwa 16 Stunden in 24 mahlen, und kein Regen neuen Zufluß schaft, in 6 Tagen das Wasser etwa 12 Zoll in dem Bassin sich erniedrigt. In trokner Jahrszeit kömmt es also leicht dahin, daß 4 Fuß weggemahlen werden. Alsdann bleibt nur 13 Zoll Wasserstand. Bei mittlerem Wasserstande wird die Schütte nur 15 Zoll aufgezogen. Bei der mittlern Breite derselben, 40″ 7‴ 3, ist das Wasserprofil derselben sehr nahe $4\frac{1}{6}$ Quadratfuß. Der Fall unterhalb des Fachbaums längst dem Kropfe dieser Räder beträgt 5 Fuß. Von diesen Mühlen fließt das Wasser der Alster 14 andern Gängen zu, deren Fachbaum 4′, 2″ und 5′ höher als die niedrigste Ebbe im Hafen liegt. Da nun die ordentliche Fluth bei uns zwischen 6 und 7 Fuß ist, so tritt dieselbe über diesen Fachbaum, und vermehrt den Wasserschaz dieser untern Mühlen, sezt sie aber auch desto öfterer in Stillstand, so wie auch selbst die obern Mühlen, die auch aus dem Grunde bei der Fluht feiern müssen, damit das Wasser, welches dieselben getrieben hat, nicht ohne Nuzen für die untern Mühlen verlaufe. Der höchste Wasserstand, welchen diese Mühlen benuzen können, ist 3′ 2″. Sie ziehen aber auch gewöhnlich nur 15 Zoll auf, und so ist bei der Mittelbreite der Oefnungen des Ausgusses 3′ 5″ 46. sehr genau $4\frac{1}{2}$ □′ und von zweien derselben, deren Schütten 4′ 2″ breit sind, 750 □″ d. i. $5\frac{5}{24}$ □′ bei einem Fall von 2′ 9″.

In

In diesen so verschiedenen Anlagen ist meines Wissens seit Menschen Denken nichts verändert, aber dennoch haben die Müller ihre Mühlen besser gebrauchen, und insonderheit mit dem Wasser so viel besser wirtschaften gelernt, daß sie insgesamt das Jahr durch viel mehr Mehl schaffen, und in trokkenen Jahren weit weniger Korn zu auswärtigen Mühlen geführt werden darf, als ehemals.

Da in einer und derselben Stadt unter freilich etwas verschiedenen Umständen, aber doch bei Rädern Einer Art eine solche Verschiedenheit in der Benuzung des Mühlenstroms Statt hat, so ist klar genug, wie wenig Einsicht in diese Sache derjenige gewinne, der sich aus Büchern, oder vollends aus Einem Buche, wie das Beyerische Mühlen-Theater, hinlänglich darüber unterrichten zu können glaubt. Ich will zu näherer Belehrung davon die mir mitgetheilten Maassen vollständig einrücken:

Die Weite einer Mühlenschütte am Oberdamm ist, (im Lichten) wenn man aus allen die Mittelzahl nimmt, = 3′ 4″ 73‴.
d. i. = 40″ 7‴3.

Bei mittlerer Wasserhöhe (etwa 40″ über dem Schüttenbalken) wird die Mühlenschütte aufgezogen = 15″

Mithin ist das Wasserprofil, das aus einer Mühlenschütte fließt, um ein Wasserrad in Bewegung zu setzen, = 610 ,95 □″
d. i. = $4\frac{1}{6}$ □ Fuß.

Eine Mühlenschütte beim Graskeller, wenn sie, 15″ aufgezogen ist, giebt ein Profil von 750 □″ = = oder $5\frac{5}{24}$ □′

Die Weite einer Mühlenschütte bei der Mühlenbrükke (im Lichten) ist, nach einer Mittelzahl = = 3′ 5″, 46.
d. i. = 41″ 46.

Wenn nun 15 Zoll Wasser vorgezogen werden, so gibt dies ein Profil von 621,90 □″ = = oder $4\frac{5}{10}$ □′

Lage der Grundbalken und der Fachbäume der Mühlen:

Niederbaum-Fluhtmesser	0	Punkt der ordinären Ebbe.
Graskeller Kunstschütt	3′ 2″	Niederdamm.
— — Ahlschütt	1′ 7″	
— — Schleuse	2′ 2″	
— — Freischütte	1′ 8″	
— — Mühlenschütte	5′	
Mühlenbrükke-Mühlenschütte	5′	
Alster-Mühlenschütten	9′ 1″	Oberdamm.
Freischütten	5′ 4.	

Höhe

Höhe der Schüttenbalken mit dem Fluthmesser verglichen.

Alster Winterpaß	14′ 2″	XIV.
Alster Sommerpaß	12′ 6″	XIII.
		XII.
		XI.
Alstersiel im Jungfernstieg	9′ 11″	X.
Alster Mühlenschüttenbalken	9′ 1.	IX.
		VIII.
ordinaire Fluth	———	VII.
Alster Freischüttenbalken	5,′ 4″	VI.
Graskeller- und Mühlenbrükker Mühlenschüttenbalken	5′	V.
	———	IV.
Schüttenbalken der Graskellerkunst	3′ 2.	III.
Schleusenbalken am Graskeller	22′ ′	
Freischüttenbalken am Graskeller	1′ 8″	II.
Ahlschütt der Kunst am Graskeller	1′ 7″	I.
Ordinaire Ebbe.		0

Fluthmesser, wie derselbe im 1787 am Niederbaum angelegt worden.

Vierter Abschnitt.

Von denen Werkzeugen und Hülfsmitteln welche zur Fort=Bewegung des Wassers dienen.

§. 46.

Es sind derer Vorfälle ungemein viele, in welchen eine Wegschaffung des Wassers von einem Ort zum andern nötig wird. Es bedarf freilich unendlich wenigerer Kunst, das Wasser aus einem höheren Ort zu dem niedrigern zu führen, als es aus dem niedrigen Ort in die Höhe zu bringen. Die Vorfälle jener Art erfodern demnach nicht sehr künstliche Werkzeuge; aber sehr oft muß das Wasser blos deswegen zu einer beträchtlichen Höhe getrieben werden, um von derselben herab wieder zu niedrig gelegenen Orten geleitet zu werden. Doch liegt hierin kein Grund zur Einteilung derer Werkzeuge, die zur Bewegung des Wassers angewandt werden. Ich werde dieselben richtiger einteilen;

1.)

1.) in solche, in welchen alles mechanisch vorgeht, und die Luft nicht als die bewegende Kraft angewandt wird, wiewol sie nicht aus der Acht gelassen werden darf, in so fern sie oft eine Hindernis der zum Zwek gesezten Bewegung abgibt.

2.) solche, in welchen die Luft allein oder als die vornehmste bewegende Kraft angewandt wird.

Des dritten Abschnitts erste Abteilung.

Von der Bewegung des Wassers durch Werkzeuge und Leitungsmittel, in welchen die Luft nicht als bewegende Kraft angewandt wird.

§. 47.

Das Altertuhm kannte wenig andre Werkzeuge zur Bewegung vielen Wassers, als diese. Der wichtigste Anlaß, welcher unsern Vorfahren ältester Zeit zu deren Anwendung entstand, war die Leitung des Wassers zu grössern oder kleinern Städten, auch selbst, wenn sie an wasserreichen Flüssen lagen. Noch jezt ist es keiner grossen Stadt genug, daß ein Fluß durch sie hinfließt, um sich mit dessen Wasser zu den mannigfaltigen Bedürfnissen der Einwohner zu versorgen. Nicht alle Flüsse haben gutes Trinkwasser, und, wenn sie es haben, so ist die

Her:

Herbeiholung desselben zu jedem Wohnhause zu kostbar und zu mühsam. Dies ward sie selbst den Alten, die doch der Sklaven so viele in ihren grossen Wirtschaften besassen, daß ihnen nur selten der Gedanke entstand, die Arbeit derselben durch dienliche Werkzeuge zu erleichtern. Rom hatte der grossen Wasserleitungen sieben, welche nicht nur der Stadt Trinkwasser, sondern auch Wasser in die Bäder zuführten, und nach der oben §. 33 angeführten Erzählung des Prokopius auch Mühlen trieben, die freilich nicht groß gewesen sein mögen. Das waren nun freilich gewiß nicht kleine Quellen, welche diesen grossen Wasservorrath hergaben, sondern beträchtliche Bäche, welche von höheren Gegenden herab strömten, und welchen man den Weg in diese Wasserleitungen wieß. Diese waren dann nichts anders, als ein gemauerter Kanal, der von dem höhern Orte, wo sich das benötigte Wasser fand, mit einem schwachen Abhange zu der Stadt geleitet ward, die dieses Wassers bedurfte. Es gehörte nicht viele Kunst noch viele Kosten dazu, eine solche Leitung zu machen, wenn der Abhang des Bodens mit demjenigen übereinkam, dessen die Leitung bedurfte. Allein man sezze den Fall, der so oft vorkömmt, daß zwischen der Quelle oder dem Bach, den man benuzzen will, und der Stadt eines oder mehrere Tähler sich befinden.

Hier ist freilich ein Mittel, das auch den Alten nicht unbekannt war, dieses, daß man die Leitung längst

dem

dem Berge herab in das Tahl hinabsenkt, und, wenn dann dieselbe die zweite Höhe hinan geführt wird, diese niedriger und folglich der zweite Teil der Leitung minder hoch ist, so muß das Wasser in deeselben steigen und durch die an deren Ende gemachte Oefnung sich ergiessen. Die Alten führten dies durch töhnerne an einander gefügte Röhren aus. Aber es ist auch klar, daß, wenn die Wassermasse groß ist, und die Röhren zu einer beträchtlichen Tiefe hinabgehen, dieselben einen gewaltigen Druk von diesem Wasser auszustehen haben. Es konnte also keine grosse Wasserleitung bei starkem Falle in diesem Wege angelegt werden oder lange dauern; sondern nun war das Mittel, welches allein angewandt werden konnte, die Leitung in der zwekmässigen Lage zu erhalten, dieses, daß man sie auf ein Gemäuer legte, welches dann die ganze Tiefe des Tahls zur Höhe haben mußte. Nicht sowol des bessern Ansehns halber, als weil ein durch Bogen unterbrochenes Mauerwerk weniger kostet, und sich wirklich besser erhält, als ein sehr langes und hohes Mauerwerk in Einem Stükke, wurden Bogenstellungen angebracht, und so, wie es die Tiefe des Tahls erfoderte, gedoppelt, ja wol gar dreifach übter einander gestellt. Daher rührt die Kostbarkeit dieser Wasserleitungen, und eben daher bleiben die Reste derselben ein so sehenswerter Beweis von der Pracht des Altertuhms. Doch hat so manche neuere Stadt Werke eben der Art zu ihrem Behuf anlegen müssen, deren Kostbarkeit vielleicht die der alten übertrift. Lissabon hat eine solche, durch welche ihr das

Wasser zehn Meilen weit von Maffra her zugeführt wird. Diese Kunstwerke geben also der Hydraulik an sich wenig zu tuhn. Ein Architekt, der gut und fest auf fester Erde zu bauen weiß, kann alles an ihnen verrichten, und bedarf nur der Hülfe eines praktischen Feldmessers, der gut nivelliren kann.

§. 48.

Aber einen weit grössern Umfang, insonderheit von hydraulischen Kenntnissen, erfodern die grossen Leitungen, welche eine neuere Kunst zum Behuf der Schiffahrt so häufig angelegt hat, durch welche es uns jezt gelingt, Schiffe bergan und bergnieder zu führen, Flüsse und Meere mit einander in eine Verbindung zu setzen, welche der Schiffahrt Wege öffnet, wo die Natur sie durchaus zu versagen schien.

Freilich liessen die Alten dieses nicht ganz unversucht. Aber sie wagten es nicht gern anders, als in flachen Gegenden, von welchen sie sich gewiß hielten, oder durch die bei ihnen noch rohe Kunst des Wasserabwägens sich gewiß machten, daß das Wasser mit einem hinlänglichen aber nicht zu grossen Abfall den neuen Weg nehmen würde, welchen man ihm abwieß. Auf diese Art gruben die Römer in den Niederlanden die Yssel von dem Rhein ab hinaus in die Zuydersee, welche in jenen Zeiten der Name des Grabens des Drusus von dem Urheber und

Aus-

Ausführer dieser Unternehmung bekam; und durch einen andern leitete Corbulo das Wasser des alten Rheins kurz vor dessen Ausflusse in die See zur Maas ab. Einem alten Könige Aegyptens, noch vor der Eroberung des Landes durch die Perser, war der Gedanke sehr ernsthaft geworden, das Mittelländische Meer mit dem Rohten zu verbinden; und wirklich sind Spuren in der Landenge, die beide trennt, daß der Anfang der Arbeit gemacht sei. Aber die Geschichte sagt auch, daß man davon abgestanden sei wegen der Besorgnis, das für höher geachtete mittelländische Meer würde sich in das rothe Meer ausleeren. Eine Schwierigkeit, welche zu unsern Zeiten einem halbwissenden Ingenieur nur wenig Verlegenheit machen würde!

Ganz fehlte es auch nicht in jenen Zeiten an Versuchen, lebende Gewässer schifbar zu machen und die Hindernisse wegzuräumen, welche ein zu seichtes Bett oder zu starke und zu häufige Krümmungen der Schiffahrt in den Weg legten. Aber das war auch alles, was man damals verstand. Einem Gewässer, welches zwar reich genug an Wasser war, aber wegen seines zu strengen Ablaufs in keiner für die Schiffahrt brauchbaren Höhe sich erhalten konnte, wußte man nicht zu Hülfe zu kommen.

§. 49.

Die frühsten Spuren der in Fällen dieser Art anwend-

wendbaren Kunst zeigen sich im nordlichen Deutschland in den guten Zeiten der Hanse am Ende des 14ten Jahrhunderts. Ich nehme jedoch gerne Belehrung an, wenn man mir frühere Versuche angeben kann. In dem Jahr 1390 unternahmen dies die Lübeker mit dem kleinen Flusse der Stekeniz, welcher aus dem Möllner See nordwärts abfließt. Fast um eben die Zeit ward ein gleiches von den Hamburgern mit dem kleinen Fluß, der Alster, mit dem Erfolg versucht, welchen man sich zum Zwek sezzen konnte, nemlich nur dieses Flüßchen schifbar zu machen, und die Güter dadurch der Trave nahe zu bringen, bis zu welcher sie zu Lande weiter geführt werden mußten. Lübek ging weiter, und es ward in Vereinigung mit dem Herzoge von Lauenburg ein Canal, die Delvenau genannt, südwärts von eben dem Möllner See nach der Elbe zu geleitet, welcher aber ebenfalls zu vielen Fall hatte, als daß das Wasser sich in demselben natürlich in hinlänglicher Tiefe hätte erhalten können. Eine ähnliche Strebsamkeit für ihre Handlungsvorteile belebte die Stadt Lüneburg um eben diese Zeit. Sie unternahm eine Canalfahrt durchs Meklenburgische zu vollführen, die aber nicht ganz zu Stande kam.

Das Mittel, diese Flüsse schifbar zu machen, waren und sind noch einfache Schleusen, durch welche man das Wasser in der Höhe von vier bis sechs Fuß hält, so daß mit der dadurch vermehrten Wassertiefe der Fluß von einer Schleuse bis zur andern fahrbar wird. Um aber

die

die weitere Fahrt auf oder niederwärts möglich zu machen, müssen die Tühren dieser Schleusen geöfnet werden. Dies würde nicht ohne Anwendung einer sehr grossen Kraft möglich sein, wenn man nicht in diesen Tühren mehrere solcher Wasserschützen anbrächte, als durch welche man das Wasser vor den Mühlen staut. Ich habe oben §. 43. der Hydrost. die Kraft berechnet, welche zur Aufziehung einer solchen Schütze nach Maasgabe des davor liegenden Wassers nötig ist. Zu dieser Kraft ist leicht Raht zu schaffen. Wann sie dann durch diese aufgezogen sind, und dem Wasser der Weg durch den grösten Teil der Fläche der Tühre geöfnet ist, so ist es leicht auch diese Tühren zu öfnen. Das abschiessende Wasser strömt dann nach denen Regeln fort, welche oben im 2ten Abschnitt angegeben sind. Die herabwärtsfahrenden Schiffe folgen diesem Strom mit Leichtigkeit, und die aufwärtsgehenden können doch, wenn gleich mit vieler Arbeit, demselben entgegen durch die Schleusen gezogen werden. Schleusen dieser einfachen Art nennt man **Stauschleusen.** In einer solchen Flußverbesserung zeigt sich zwar schon viele Erfindsamkeit, von welcher das Altertuhm gar nichts wuste. Sie ist insonderheit an dem Stekenizcanal zu bewundern, in welchem so, wie in den neuern aufs beste ausgeführten Canälen, die Schiffe nicht nur von der Trave bis zum Möllner See stiegen, sondern auch nach dem man die sogenannte Delvenau gegraben hatte, von demselben herab zur Elbe gingen. Aber sie hatte und hat noch folgende grosse Mängel: 1.) der Wasservorrath

raht reicht nicht lange zu, wenn, um einzelne oder einige wenige Schiffe durchzulassen, das ganze Flüßchen auf einmal abgelassen werden muß. 2.) Man ließ die Flüsse in ihrem alten Bette mit allen denen Krümmungen, welchen sie in dem gesenkten modrigten Erdreich hatten, und dachte nicht daran, oder scheute die Schwierigkeit deren Ufer zu erhöhen, daß die Schiffe von Menschen trokkenes Fusses oder von Pferden gezogen werden könnten.

§. 50.

Es ist zu verwundern, daß nach einem so guten Anfange die menschliche Erfindsamkeit noch beinahe zwei Jahrhunderte dabei bestehen blieb. Man führte mehrere Werke ähnlicher Art aus, wagte aber selten Schiffahrten durch einen Boden möglich zu machen, wo nicht der Fluß schon den Weg dazu wieß, und wandte dazu blos jene einfachen Stauschleusen an. Endlich gab **Simon Stevin**, ein niederländischer Mathematiker, der um manche andere Teile der Mathematik grosse Verdienste hat, die sogenannten **Fang**- oder **Kastenschleusen** an, von welchen ich freilich annehme, daß sie wenigen meiner Leser unbekannt sind, aber doch dieses ihres Vorzugs erwähnen darf, daß die etwas breiten Schleusen dieser Art der Thüren zwei Paare, schmälere zwei einzelne Thüren haben, deren obere und untere ein kleines Pförtchen hat. Durch Aufziehung des obern wird so viel Wasser eingelassen, als nötig ist, den innern Raum der Schleuse zu

füllen, und das Wasser in demselben bis zu dem Wasserpaß des höhern Wassers steigen zu machen. Mittlerweile bleibt das untere Pförtchen geschlossen; die öbern Thüren werden geöfnet, das Schif geht ein, und wieder aus, nachdem die öbern Thüren wieder zugezogen sind, das Pförtchen in denselben niedergelassen ist, und durch Oefnung des Pförtchens nach dem niedern Wasser zu das Wasser in dem Kasten der Schleuse sich so gesenkt hat, daß das Schif bis zum Wasserpaß des niedern Wassers mit herabgesunken ist. Durch ein umgekehrtes Verfahren steigt ein Schif von dem niedern Wasser ins höhere, und bei beiderlei Fahrten wird immer nur soviel Wasser jedesmal verwandt, als den Kasten der Schleuse zu füllen nötig ist.

Bei Anwendung dieser Erfindung, auf welche man so leicht von jenen Stauschleusen hätte, wie es scheint, geleitet werden können, ist fast die einzige Voraussetzung zur Anlegung einer Wasserfahrt da, wo die Natur durchaus nichts dazu beitragen zu wollen scheint, ein Gewässer, das sich auf dem höchsten Punkt der Gegend findet, durch welche die Fahrt gehen soll, und den Vorraht von Wasser giebt, welcher hinreicht, um den innern Raum der Kastenschleusen bei der Durchfahrt eines jeden Schifs zu füllen, und den durch die Ausdünstung bei troknem Wetter verursachten Abgang zu ersezzen. Dabei hat man es denn auch rathsamer gefunden, die Flüsse, wo es irgends tuhnlich ist, ganz zu

ver-

verlassen. Auch hat man sogar bald aufhören müssen, diejenigen Gewässer, auf welche der Kanal unterwegs zutrift, zur Füllung desselben zu benutzen, weil sich gewiesen hat, daß sich eben dadurch deselbe leicht versande und verschlämme.

Es würde mich zu weit führen, und ist auch meinem Zwek zu fremd, die Erfindungen alle zu beschreiben, welche man bei Unternehmungen dieser Art angewandt hat, um denen Schwierigkeiten abzuhelfen, welche bald ein in den Weg kommender Fluß, bald ein Tahl, bald Anhöhen, selbst Felsen der Ausführung in den Weg legen, welche bis zum Wasserpaß des Canals wegzuräumen unmöglich wird. Bis vor etwa 30 Jahren ward der grosse 15 Meilen lange Canal von Languedoc als ein unnachahmliches Wunder angesehen, weil unter demselben sehr viele Wasserleitungen durchgeführt, über kleine und grössere Flüsse Brükken von mehreren Bogen gebaut waren, um den Canal über dieselben zu führen, weil an einem Ort, wo der Boden sich 66 Fuß in einer Länge von 936 Fuß senkt, acht Schleusen wie Treppen angelegt waren, weil ein Felsen von 1200 Fuß Breite durchgebohrt war. Allein seit dem Jahre 1759 sind in England so viele Canäle mit einer weit höher steigenden Kunst und Erfindsamkeit ausgeführt worden, daß die Wunder des Canals von Languedoc sehr dagegen wegfallen. Man kann davon des Hrn. Hogrewe Beschrei-

schreibung der in England angelegten schifbaaren Canäle Hannov. 1780. 4. nachlesen. *

Ich habe oben §. 35. der Hydrost. von den Bedenklichkeiten bei dem Grundbau solcher Schleusen Beispiels halber und §. 43. von dem Druk des Wassers auf die Schleusentühren beiläufig geredet. Jezt muß ich hinzusetzen, daß aus diesem Druk eine Schwierigkeit entsteht, welche durchaus wehrt, daß man nicht das Wasser durch die Schleusentühren sehr hoch halten kann. Wie es mit der Schleuse von Mardyk ging, vor welcher das Wasser nur von Zeit zu Zeit 20 Fuß hoch stand, habe ich an jenem Orte kurz bemerkt. Aber wenn in stillen Canälen das

* Ich kann mir nicht verbieten, bei der Erwähnung dieses Buches ein auffallendes Beispiel von der Verteurung deutscher Bücher zu geben, welche mir die Folge von dem jezzigem unrichtigen Gange des deutschen Buchhandels zu sein scheint. Dies für jeden Deutschen sehr belehrende Buch war von dem Hrn. Verfasser selbst verlegt, der es mit seinen 10 illuminirten Kupfern für Einen Ducaten gab. Der Abgang desselben war sehr langsam. Er überließ also den Verlag einer Buchhandlung, die den Preis dieses Buchs von nicht völlig Einem Alphabet sogleich auf 4 Thaler erhöht hat, und die Platten für dies Geld nicht illuminiren läßt, so nöhtig es doch ist.

das Wasser beständig zu gleicher Höhe erhalten werden soll, da ist 8 Fuß die grösste Höhe, mit welcher man sich gewöhnlich begnügt. Polhem und Elvius wollten es mit der Höhe, die sie dem Wasser in denen drei Schleusen gaben, vermittelst deren sie eine Schiffahrt neben dem Trolhättafall in Schweden zu bewirken hoften, gar zu sehr übertreiben. Sie verliessen sich darauf, daß die Kasten ihrer Schleusen aus dem vollen Felsen durch dessen Sprengung ausgehöhlt waren, und die untersten Thüren sich mit ihrem obern Rande gegen den über dem Ausgang gelassenen Bogen des Felsen stüzten. So glaubten sie Schleusen möglich zu machen, in deren einer die Schiffe, 28 in einer andern 33 und in der dritten gar 56 Fuß steigen und sich senken könnten. Eine, wo nicht zwei derselben waren so weit fertig, daß das Wasser eingelassen werden konnte. Aber nun war der Druk desselben auch so mächtig, daß es sich Wege durch den Felsen öfnete, die man gar nicht wahrgenommen hatte, und vergebens nachher demselben zu verstopfen suchte. Thunberg, der einen viel besser überlegten Anschlag zur Ausführung dieser Absicht angegeben hat, wagte gewiß noch sehr viel, da erin seinem bisher nicht ausgeführten Entwurf jeder Schleuse 8 Schwedischen Elle hoch das Wasser zu halten gab. Doch konnte man von einem Thunberg mehr, als von irgend einem andern Wasserbaumeister, annehmen, daß er würde es auszuführen verstanden haben.

Ein Umstand, der oft Canäle notwendig macht,

in-

insonderheit in Verbindung mit andern Canälen, ist dieser, wenn die Fahrt aus Flüssen oder aus solchen Canälen in grosse Gewässer hineingeht, über welche die Schiffe ihre Fahrt nicht ohne Gefahr fortsezen können, mit derjenigen Bauart und Grösse, welche ihnen wegen der Untiefe des Flusses oder des Canals gegeben werden muste. Dies war die einzige Ursache zur Anlegung des berühmten Canals am Ladogasee. Die aus dem Innern des Russischen Reichs auf den kleinern Flüssen herabgeführten Schiffe waren und sind noch nicht für die Fahrt auf diesem grossen See gemacht. Wenn sie daher sich auf denselben wagten, verunglükten viele derselben. Man hat ein ähnliches bei dem Canal von Languedoc tuhn müssen. Da das Bassin von Naurouze, der ausgegrabene Sammelplaz des Wassers, mit welchem der Canal ostwärts und westwärts gefüllt wird, schon zu ungestüm für die denselben befahrenden Barken war, so mußte längst dem südlichen Ufer desselben ein Canal gegraben werden, um dieser Schwierigkeit abzuhelfen.

§. 51.

Unter denen Werkzeugen, die nicht, wie die Wasserleitungen und Canäle, das Wasser vom höheren zum niedrigeren Ort zu leiten dienen, sondern dasselbe in die Höhe zu heben angewandt werden, sind unstreitig die einfachsten die **Hebeschaufeln**. Sie sind so einfach, daß das Altertuhm sie wahrscheinlich früher, als irgend ein anderes

für diesen Zwek dienliches Werkzeug, gekannt hat. Man hat deren zwei Arten; eine ist eine Rinne, die man um einen Angel windet, auf deren einer Seite der kürzere aber breitere Teil das Wasser unten aufnimmt, und wann sie mit dem längern Teil niedergedrukt wird, es durch die Rinne in den höhern Ort ausgießt. Sie dient nur für eine kleine Höhe, wenn man sie nicht so lang machen will, daß sie zu schweer zu regieren wird. Man hat freilich Angaben, nach welchen mehrere dergleichen Hebeschaufeln über einander angebracht werden, die niedern den obern das Wasser zuheben, und so dasselbe zu beträchtlichen Höhen gebracht werden soll. Meines Wissens aber ist keine anders als im Modell ausgeführt worden. Zeichnungen davon finden sich in jeder Schrift, die mit einiger Vollständigkeit von Wassermaschinen handelt. Eine zweite Art sind solche grosse Schaufeln, wozu man in unsern Gegenden auch wol die Hälfte einer Tonne mittlerer Grösse zurichtet. Man befestigt sie an einer langen Stange, baut ein leichtes Gestell darüber, und hängt sie an diesem mit Seilen in zwei Punkten der an die Schaufeln befestigten Stange auf. Dann werden sie durch eines oder mehrerer Männer Kräfte, wie deren Grösse es erfodert, hin und her geschwenkt, wobei dann freilich die pendulirende Bewegung der Kraft sehr zu Hülfe kömmt. Bei dem Zurüktreiben werfen sie dann das Wasser mit einem Schwunge aus, der meiner Erfahrung nach bis auf 5 Fuß von der Fläche des untern Wassers an reichet. Ich glaube nicht, daß ihre Wirkung

höher getrieben werden könne, und dabei müssen die Männer lebhaft arbeiten. Ihre Wirkung ist beträchtlich; doch bleibt in jedem Fall, wo eine langwährende Wasserausschöpfung nötig wird, eine jede andere Maschine brauchbarer und ist minder kostbar. Die Benennung für diese Art von Ausschöpfung ist in unserer Gegend: Ösen, und die der Maschine selbst: Oesemühle.

§. 52.

Unter den Wassermaschinen, in welchen die Luft nicht mit zu Hülfe kommt, ist eine der ältesten und bleibt noch immer eine der brauchbarsten die Wasserschraube des Archimedes. Sie ist zu bekannt, als daß ich sie beschreiben, oder eine Figur derselben beibringen dürfte. Doch finde ich Anlaß zu mehreren Anmerkungen über dieselbe.

1.) Man hat sie lange nur in Einem Wege verfertigt, nemlich diesem, daß eine hölzerne Einfassung die um die inwendige Spindel angebrachte Schraube so beschließt, daß alles von derselben geschlukte Wasser in ihr verbleiben und sich bis zu dem öbern Ausguß, womit sich die Schraube endigt, herauftreiben lassen muß. Es ist aber, so viel mir bekannt ist, noch nicht sehr lange, daß man in Holland darauf verfiel, die Schraube mit der Spindel von der cylindrischen Einfassung zu lösen, welche dann sorgfältig mit der gehörigen Rundung aus-

gearbeitet werden muß, damit nicht von dem herauf geschrobenen Wasser zu vieles zwischen dem holem Cylinder und der Schraube niederwärts entschlüpfe. Dann aber wird dieser Cylinder nur halb um dieselbe gelegt, und sie ist nach oben zu offen.

2.) So alt dies Werkzeug ist, so ist dessen Theorie noch nicht ganz ins Reine gebracht. Die Gründe zu derselben sind in sich nicht schweer. Sie liegen ganz in der Lehre von der Schraube, und die Sache wird nicht viel schwerer dadurch, daß diese Schraube in schräger Lage angewandt wird. Es wird auch hier, ungeachtet das Wasser scheinbar fällt, eine schräge Fläche in beiderlei Zurichtungen gegen das Wasser bewegt, und nötigt dasselbe seiner Schwere entgegen zu steigen. Durch die schräge Lage derselben wird der Neigungswinkel der Schraube so sehr vermindert, daß das Wasser mit jeder Wendung nur wenig steigen würde, zumal wenn man die Gänge der Schraube weit macht. Je enger indessen diese Gänge sind, desto steiler kann die Schraube gestellt werden. Der Theorie nach können diese Gänge so eng gemacht und die Schraube so nahe dem rechten Winkel gestellt werden, daß die Grenze ihrer Wirkung keinesweges der halbrechte Winkel ist, wie man es in so manchem Buche angegeben findet. Die eigentliche Grenze bei jeder Schraube ist die, wenn sie so steil gestellt wird, daß die Fläche des Schraubengangs sich der Horizontallinie nähert. Freilich verlangt die Praxis ganz ein anders.

Bei

Bei so engen Gängen wird die Fläche, über welche hin das Wasser sich bewegen muß, so groß, und das Reiben des Wassers auf diesem weiten Wege so vermehrt, daß eine zu steil gestellte Schnekke viele Kraft erfodern und wenig Wasser aufbringen würde. Indessen hat man mir versichern wollen, daß man in Holland Schrauben, die als Schöpfwerke aus den Gräben angewandt worden, bis in einen Winkel von 60° gestellt habe.

3) Aber in den Wasserschnekken gewöhnlicher Art stellt sich ausser dem schweer zu berechnenden Reiben des Wassers der Theorie eine Schwierigkeit entgegen, welche sie nicht überwinden kann, und welche die Wirkung allemal weit unter der Berechnung ausfallen macht. Diese ist der Widerstand der Luft, welche zwischen dem Wasser jeder zwei Gänge befangen wird, dem Wasser ausweichen soll, aber eben deswegen dessen Bewegung sehr widerstrebt. Dies wird vollends nachteilig, wenn die Schnekke mit ihrem untern Ende nicht in vollem Wasser geht.

4) Die Entfernung dieses Nachteils bei den Wasserschrauben zweiter Art, die oben keine Dekke gegen die Luft haben, scheint mir denselben den grossen Vorzug in der Wirkung hauptsächlich zu geben, welchen man bei deren Anwendung bemerkt. Die Luft kömmt hier gar nicht ins Spiel. Das Wasser wird sichtlich mit einer solchen Schnelligkeit geschroben, daß, wenn das unten liegende hohle Futter nicht zu nachlässig gemacht ist,

we=

wenig oder gar kein Wasser zwischen demselben und der Schraube zurükschlüpfen kann. Ja, man hat sogar bei diesen Schrauben wagen können, drei um Eine Spindel parallel laufende Gänge anzubringen, wodurch einerseits freilich bei einem nur mässigen Winkel von etwa 20° das Wasser viel schneller aufgetrieben, andrerseits aber die Fläche sehr vermindert wird, an welcher jede Wassermasse sich reibt, weil jeder einzelne Gang sehr weit ausfällt. Mir ist nicht bekannt, daß man bei einer runden gefutterten und mit dem Futter beweglichen Schraube jemals dies getahn habe. Zwei Gänge ihnen zu geben, gibt schon Leupold Anweisung. Es sind etwa funfzehn Jahre, seitdem diese durch Windmühlen umgetriebenen Wasser-Schnekken in unsern Gegenden bekannt geworden sind. Die zuerst in der Herrschaft Breitenburg erbauten thaten und tuhn noch mit Sicherheit die Wirkung, daß sie 300 Morgen eines sonst gewöhnlich vom Herbst bis zum Frühjahr überschwemmten Landes so frei vom Wasser halten, daß der ganz niedrige Grund zuverlässig sein Gras, ein etwas höheres Sommerkorn gibt, und ein Land, das sonst nur Sommerkorn gab, im Herbst mit Winterkorn besäet werden kann. Da sie in dem Hamburgischen Gebiete zuerst nachgeahmt wurden, gab Herr **Odemann**, Landvogt in der Hamburgischen Insel **Rehtbrok**, eine wichtige Verbesserung derselben an. Er teilte nemlich den holen Cylinder in der Mitte, und die obere Hälfte noch in zwei Teile, die, von dem untern Teile aufwärts gewunden, dem Wasser einen Ausfluß öfneten, der,

wenn

wenn der vor dem Deich stehende Elbstrom es erlaubte dasselbe auf halbe und auf drei viertel Höhe durch den Deich fortschafft. Ohne diese Verbesserung muß die Schnekke das Wasser immer zu der vollen Höhe erheben, der Strom mag niedrig oder hoch vor dem Deiche stehen. Mit derselben aber kann sie das Wasser den Umständen nach in geringerer Höhe schon ausgiessen, folglich bei gleicher Kraft des Windes mehr, und bei geringerer Kraft doch auch noch wirken. So verbessert können sie dann freilich 400 Morgen, jeden von 600 sechzehnfüssigen Quadratruthen hinlänglich frei vom Wasser halten. Aber weiter darf man meines Erachtens nicht wagen damit zu gehen, wenn man von einer hinlänglichen Wirkung gewiß sein will. Es kömmt auch sehr auf die Beschaffenheit des Bodens an. Eine Mühle dieser Art, durch welche man 600 Morgen trokken zu machen glaubte, hat nicht ihren Zweck erfüllt: Eines Teils, weil die Fläche zu groß ist, andern Teils, weil der Deich auf einem Sandgrunde steht, durch welchen das Wasser von dem vor dem Deich angelaufenen Strom durchsikkert.

§. 53.

In diese Classe gehören denn auch die **Schöpfräder**, d. i. Räder, welche das Wasser unten an ihrer Peripherie einschöpfen, und entweder an der Achse, oder an der Pripherie oben wieder ausschütten. Die ersten heben also das Wasser ungefähr zu der halben Höhe, die leztern

aber

aber beinahe zu einer dem Durchmesser des Rades gleichen Höhe.

Ich würde mein Buch hier ungemein dehnen können, wenn ich von allen Erfindungen, welche man bey diesen Schöpfrädern angebracht hat, eine etwas deutliche Vorstellung hier geben wollte. Man hat sie mit Röhren, die von der Pripherie krumm gegen die Axe laufen, mit Eimern, die an die Felgen befestigt werden, gemacht. Die an der Axe ausgiessenden bestehen zum Teil in zwei parallel gegen einander und senkrecht auf die Wellen gestellten Flächen mit hölzernen Abtheilungen dazwischen, die, nach einem Winkel gebildet unten das Wasser fassen, und mit einer Viertel Drehung des Rades das gefangene Wasser durch ein der Welle nahes Loch zum Ausfluß bringen. Man hat sie eingerichtet, um durch Menschen, durch Tiere, durch Wind und durch den Strom selbst getrieben zu werden.

§. 54.

Unstreitig gibt die vorteilhafteste Kraft zur Bewegung eines Schöpfrades die des Wassers selbst, aus welchem man schöpfen will. Aber diese kann nur unter der Voraussezzung angewandt werden, daß der Strom lebhaft genug fliesse, und man nicht zur Absicht habe, das Gewässer selbst auszuschöpfen, sondern nur einen Teil desselben aufwärts zu bringen, um entweder einer Stadt durch

den nun gewonnenen hinlänglich hohen Fall Wasser zuzuführen, oder Wiesen zu wässern, oder Wasser auf Bleichen zu bringen. Der erste Zwek hat bei dem berühmten Bremischen Schöpfrade Statt, durch welches das Wasser auf 40 Fuß von der mittlern Höhe der Weser gehoben, und in einen Behälter ausgegossen wird, von welchem ab es sich in die grosse Stadt verteilt. Dies Rad ist immer in grossem Rufe gewesen, aber in seiner ehemaligen Beschaffenheit niemals recht gezeichnet worden. **Sturm** zeichnete und beurteilte es in seiner **Anleitung, Wasserkünste wol anzulegen,** Tab. VII. ganz falsch. **Leupolds** Zeichnung Tab. XIII. des ersten Teils seines hydraulischen Theaters ist richtiger. Doch gesteht er, daß er in den Maassen nicht gewiß sei. Als ich aber vor etlichen und zwanzig Jahren Bremen zuerst besuchte, nahm es mich Wunder, eine ganz andere Einrichtung zu sehen, als welche ich erwartete: eine Einrichtung, welche die einfachste und beste ist, die man erfinden kann, und die man ohne Bedenken einem jeden Schöpfrade geben sollte, welches die eben erwähnten Absichten hat, und durch einen lebhaften Strom selbst getrieben werden kann. Ich fragte nach dem Angeber, und man wußte nicht, ihn mir zu nennen. Als ich aber gleich darauf die Bekanntschaft des gleich darauf verstorbenen würdigen Senators **Nonne** machte, und ihm eben die Frage taht, sagte er mir mit der ihn so sehr zierenden Bescheidenheit, er selbst habe sie angegeben; doch sei er nicht der Erfinder, sondern habe sie im kleinen ausgeführt

führt zu Elberfeld gesehen. Da sah ich sodann auch vor zwei Jahren, ich weiß nicht wie viele, Schöpfräder, durch welche man aus der starkfliessenden Wüpper Wasser auf die Bleichen brachte. Es ist zu verwundern, daß sie noch so wenig in Gegenden nachgeahmt sind, wo man sie nun doch kennen kann. Sechs Meilen von Bremen bei dem Lüneburgischen Städtchen Walsrode ist der Fleiß des Landmanns schon seit etwa 30 Jahren auf die Wässerung der Wiesen durch Schöpfräder verfallen, die aus dem lebhaft strömenden Flüßchen, der Böhme, schöpfen. Da ich öfter, diesen Weg gereiset bin, so habe ich jedesmal die Zahl dieser Räder vermehrt gesehen; aber noch immer mit grossen Schöpfeimern, welche durch das viele nötig werdende Eisenwerk sehr kostbar sind, viel in Reparatur kosten, auch gewiß viel schwerer gehen. Da dies Bremische Schöpfrad bisher nirgends beschrieben oder in Kupfer gestochen ist, so glaube ich wol daran zu tuhn, wenn ich in der Anmerkung diese hydraulische Maschine umständlich beschreibe, und die deutliche mir davon durch Freundschaft zu Teil gewordene Zeichnung Fig. 8. 9. beifüge.

Wenn die Absichten des Wasserschöpfens andere sind, und man keinen lebhaften Strom zur Treibung des Schöpfrades benuzzen kann, so muß man freilich eine von den andern minder vollkommenen Erfindungen anwenden. Man hat dabei auf die Umstände und Absichten zu sehen. Wenn man aus einem stillen Wasser schöp-

fen

fen will, und auf eine nicht beträchtliche Höhe, z. B. zur Ausleerung eines Canals, zur Befreiung eines Baues vom Wasser u. in a. dgl. Fällen; so sind die an der Axe aus-giessenden Schöpfräder die rathsamsten, weil sie weniger Kraft erfodern. Sobald aber die Höhe beträchtlich wird, so würde ich doch vorzüglich zu Rädern rathen, die oben an der Felge ausgiessen; und dieses aus folgenden Gründen: die Maschine werde bewegt, durch welche Kraft sie wolle, so hat sie das meiste zu schaffen, indem sie das Wasser in dem ersten Viertelcirkel aufwärts bewegt. Denn bis dahin, da es in eine horizontale Lage gebracht wird, nimmt die Entfernung von dem Mittelpunkt zu, und die der Schweere gemäß gezogenen senkrechten Linien werden immer grösser. Wird aber das Wasser dann weiter ge-hoben, so fallen diese Perpendikel dem Mittelpunkt immer näher und näher, und die Kraft hebt also in dem zweiten Quadranten das Wasser mit fortdauernd abnehmender Schwierigkeit.

Anmerkung.

Die 8te Figur giebt den Standriß des Bremi-schen Schöpfrades von der Seite, und die 9te die west-liche Ansicht der steigenden Hälfte des Rades. a. a. a. ist der Wasserspiegel der Weser, welche durch ihren Stoß auf die grossen zwischen den Speichen des Rades befestigten Schaufeln b, b, ꝛc. das Rad umher treibt. c, c, ꝛc. sind 16 Schöpfkasten, in Form einer abgekürz-

ten

ten Pyramide, auf deren schräge Lage zwischen den Felgen des Rades, an welche sie angeklammert sind, und deren Wendung mit der Drehung des Rades alles ankömmt. Zu unterst liegen dieselben horizontal, und füllen sich, indem sie unter der Fläche des Wassers durchgezogen werden, durch die weite Oefnung. Indem das Rad sie über das Wasser hervor bringt, ist in d. Fig. 9. der gefüllte Kasten schon mit seinem geschlossenen Endteil schräg gesenkt, und behält das Wasser, welches in e sich der horizontalen Lage nähert. Hier fängt er an, in eine seitwärts angebrachte Rinne f. f. das Wasser zu verschütten, und entledigt sich desselben gänzlich in g. Aus der Rinne füllt sich der Behälter I bei h, in welchem die Abfalls-Röhre k das Wasser den unter dem Pflaster der Strassen fortlaufenden Leitungen zuschickt.

Die Schöpfkasten sind mit Klammern und Schrauben an den Felgen befestigt. Wenn sie undicht oder abgängig werden, darf das Rad nur eine kurze Weile zum Stillstand gebracht werden, um den Kasten auszulösen, und einen andern einzusetzen. Nach Sturms und Leupolds Angaben waren die Schöpfkasten zwischen den Felgen eingezimmert, und jede Reparatur veranlaßte einen langen Stillstand des Rades.

§. 55.

Zu dieser Classe von Wassermaschinen gehören auch die **Wurfräder**, welche Benennung ich für die beste halte, um

um sie von Schöpfrädern zu unterscheiden, wie man sie auch wol misbräuchlich nennt. Denn sie schöpfen nicht das Wasser, sondern werfen es blos fort. In das mit einer Welle A (Fig. 10.) in Zusammenhang gebrachte hölzerne Vierkant werden 24 bis 28 gerade hölzerne Schaufeln in etwas schiefem Winkel bevestigt. Die untre Hälfte des Rades hat auf beiden Seiten eine hölzerne Verkleidung, in welche hinein unterhalb das Wasser sich von denen Orten her ziehen kann, die man trokken zu machen sucht. Diese hölzerne Einfassung läßt den möglich kleinsten Spielraum zwischen sich und dem Rade. Etwa vier Fuß hoch über dem Boden B wird die Abflußrinne C A angebracht. Wenn nun das Rad durch die Kraft des Windes bewegt, (denn diese wird gewöhnlich angewandt) seine Schaufeln in dem zwischen sie tretenden Wasser schnell umher schwingt, so wird das Wasser, welches wegen der hölzernen Einfassung nicht ausweichen kann, in eine Wurfbewegung gesetzt, verläßt das Rad, sobald es aus der Einfassung frei ist, und springt in einer engen Parabel in die Abflußrinne.

Keine von allen Wassermaschinen ist so wenig einer scharfen Berechnung fähig, als diese. Man legt sie groß oder klein den Umständen gemäß so an, wie man annimmt, daß sie zureiche, um eine gewisse Strecke Landes am Ende der nassen Jahrzeit vom Wasser zu befreien, wenn der Wind nicht zu oft fehlt: die Menge der Wassers, welche sie fortschleudert, hängt bei jeder Breite der Schaufeln

feln von der Schnelligkeit der Bewegung ab. Jene Breite bestimmt man nach der mutmaßlichen Grösse der Kraft, welche aus der Grösse und Breite der Mühlenflügel und dem freien Aufstossen des Windes sich so, wie bei andern Windmühlen, aber auch nicht in vieler Schärfe schätzen läßt. In Holland baut man diese Windmühlen sehr groß, und gibt den Schaufeln des Rades 15 Zoll Breite. Es wird also dadurch eine grosse Strekke Landes vom Wasser freigehalten, die ich aber aus Mangel bestimmter Erkundigung nicht genau angeben kann. Aber die Flügel dieser grossen Mühlen sind 100 Fuß lang, und nun treiben sie auch zwei Wurfräder von 22 Fuß im Durchmesser. Dort werden sie sehr stark auf gemauerten Fundamenten gebauet, auch das Gerinne ober- und unterhalb des Wurfrades gemauert und gewölbt. Die Räder stehen und arbeiten bedeckt unter den Mühlentürmen. In den Marschländern unserer Gegend baut man sie kleiner, gibt ihren Flügeln etwa 60 Fuß Länge, ihren Schaufeln 3 bis 4 Zoll Breite, und so rechnet man darauf, 20 Morgen Landes von 600 sechszehnfüßigen Quadratruten in Jahren, deren Winter nicht gar zu naß ist, durch sie vom Wasser befreien zu können. Diese treiben an einer horizontalen Welle ein ausserhalb des Mühlenturms in den Abzugsgraben gelegtes Wurfrad. Ich mag weder Worte noch Zeichnungen an die Erklärung der mechanischen Vorrichtung verwenden, welche mit denen der meisten Windkornmühlen sehr genau übereinstimmt. Doch habe ich Grund, anzunehmen, daß ein solches Wurfrad,

nur

nur von 12 bis 16 Fuß im Durchmesser zu bewegen, mehr Kraft erfodere, als welche eine Kornmühle nötig hat.

Ich bin eine Zeitlang unwilliger Zeuge von einem Versuche gewesen, da ein solches Wurfrad, an einer Stelle angebracht, wo man sich des Windes nicht bedienen konnte, durch vier Pferde getrieben werden muste. Das Werk war darin unverständig angelegt, daß die Pferde nur einen Zug von 18 Fuß im Durchmesser hatten, wovon ich die Schädlichkeit §. 60. der Mechanik angegeben habe. Doch glaube ich, vier Pferde mögten auch bei einem so unbequemen Gange, als ein so enger Zug gibt, einen sonst der Mechanik gemäß eingerichteten Kornmühlengang leichte genug umtreiben. Hier aber war es jammervoll, die Arbeit der Pferde anzusehen, welche sie nicht eine Stunde aushalten konnten, wenn sie das Wurfrad gehörig schnell bewegen sollten. Dies Rad konnte wegen vortretender Fluht nur etwan 12 Stunden im Tage gehn. Dazu mußten 12 Pferde gehalten werden, von welchen aber wenige nur einige Monate ausdauerten. Die Kosten waren ungeheuer groß. Dennoch gingen zwei Fuhrleute, die den sehr teuer scheinenden Handel eingingen, um die Pferde dabei zu halten, in kurzer Zeit dabei zu Grunde. Ich erwähne dieses Vorfalls, um jedermann zu warnen, daß er sich nicht etwan einfallen lasse, diese Maschine bei grossen Unternehmungen im Wasserbau, als die unsrige damals war, anzuwenden. Denn wenn er auch eine völlige Windmühle dazu bauen wollte und könnte, so läßt

dies

dies der Zweck solcher Unternehmungen nicht zu, wo man auf eine Kraft muß rechnen können, die niemals fehlt.

Das übelste bei diesen Wurfrädern ist, daß man durch sie das Wasser nicht auf eine beträchtliche Höhe heben kann. Die kleinern in unsern Gegenden gewöhnlichen dienen nur auf 4, und bei lebhaftem Winde auf 5 Fuß Höhe. Die Holländischen werfen es nicht höher, ungeachtet deren Wurfräder mehr als gedoppelt so groß sind. Ja, ich messe nur drei Fuß für diese Höhe in der bald näher anzuweisenden Zeichnung. Die Grösse des Rades dient nur zur Beschleunigung des Wurfes. Eben deswegen aber müssen dieser Mühlen mehrere über einander angelegt werden, wenn man das Wasser aus einem tiefgesenkten Lande wegschaffen will. Ich besuchte in Holland einen Freund auf seinem Landhause in einem neuen Polder, das ist, einem neu ausgegrabenen Torf-Moore. Bei Tische fragte er mich, wie tief ich meine, daß wir hier unter der Oberfläche der Amstel sässen, auf welcher ich zu ihm gefahren war. Ich antwortete ihm ohne Anstand: 12 Fuß. Mein Freund staunte mich an, und ich hätte ihm vielleicht eine hohe Meinung von meiner Fähigkeit, durch blosses Augenmaas zu nivelliren, beibringen können: Woher wissen Sie das? fragte er. Weil ich drei Mühlen von der Amstel bis hieher gezählt habe, und auf jede vier Fuß Höhe rechne. Das ist nun wirklich der Fall in vielen Gegenden der vereinigten Niederlande, insonderheit längst dem Lech; wiewol hier aus einer entgegen-

gengesezten Ursache. Denn hier hat man nicht den Boden so tief ausgegraben, sondern das Bette und mit demselben der Wasserspiegel des Flusses hat sich über den alten Boden des Landes so sehr erhöhet, daß man drei bis vier solcher Mühlen bedarf, um das Wasser in den Fluß zu heben, und zu verhüten, daß nicht der fruchtbarste Teil von Geldern zu einem grossen See werde.

Anmerkung.

Ich würde von dieser in unserer Gegend genugsam bekannten Wassermaschine nicht so viel gesagt haben, wenn ich eine richtige Beschreibung derselben in irgend einem Deutschen Buche wüßte. **Sturm** hat sie sehr unzulänglich in seinen **Architektonischen Reise-Anmerkungen**, und **Leupold** zwar die mechanische Einrichtung ziemlich richtig gezeichnet. Aber das Fig. 3. Tab. 19. Th. 1. des Hydraulischen Theaters von der Seite her gezeichnete Wurfrad erscheint Fig. 1. und 3. wie ein inwendig verkleidetes oberschlächtiges Mühlenrad. Die beste Darstellung einer grossen Holländischen Mühle, mit zwei Wurfrädern, findet sich auf der 4ten und 5ten Platte der Nieuwe Beschryvingh van verscheyde Moolens, welche ich für einen Anhang zu des van Zyl groot algemeene Moolen-Bock ansehe, die aber sehr selten sein mag. Ich weiß nur von Einer der grossen Holländischen in unsrer Nachbarschaft nachgeahmten Mühle, die aber ganz misrahten sein soll.

soll. Warum? weiß ich nicht, weil ich sie bisher nicht gesehen habe.

Noch weniger kann ich eine Zeichnung und Beschreibung derer wolfeilen Wurfmühlen nachweisen, welche in unsern Marsch-Gegenden mehr als jene im Gebrauch sind. Ich habe deren Zeichnung einen Plaz unten auf der 6ten Tafel Fig. * angewiesen, uud will diese mit wenigem erläutern. An der schrägen Welle A B sind oben in A Windflügel, nur 20 bis 24 Fuß vom Mittelpunct aus lang, befestigt. Unten sizt mit eben dieser Welle das Wurfrad B zusammen. Oben in C drehet sich das ganze Gerüste auf dem tief eingerammten Pfahl C D. Unten dreht sich alles mit dem Teil des Gerüstes G I, in welchen die Streben R T und I K eingelocht sind. Alles muß so gut als möglich im Gleichgewicht um C sein. Der horizontale Balken G C H trägt an seinem Ende eine hinlänglich grosse Fläche von Brettern U, vermittelst deren der Wind selbst die Flügel sich entgegen stellt. Die schräge Strebe I K dient dem Zapfen der Welle als eine Widerlage, über welcher sich derselbe in K drehet. An eben dieser Strebe aber ist eine hölzerne Verkleidung befestigt, von welcher die Figur nur die Durchschnitts-Breite in L und den hervortretenden Rand in M darstellt, und damit hängt ein flaches Gerüste von Holz N mit der steilen Wand O zusammen, auf und gegen welche das Wurfrad das Wasser wirft.

wirft. Wegen der schrägen Lage des Rades darf die Verkleidung nur hinter dem Rade angebracht werden, wenn bei einem senkrecht sich drehenden Rade das Wasser auf beiden Seiten gehalten werden muß, daß es nicht seitwärts weggeschleudert werde. Die ganze Maschine steht in einer runden Grube, welcher das Wasser von dem Akker umher zugeleitet wird. Ein Damm, P Q, umschließt diese Grube, der rundum gleiche Höhe hält, über welchen das von der Strebe I K gehaltene Gerüste N ohne anzustossen mit jeder Drehung der Mühle fortgleitet, und das Wasser über den Damm hinaus abfliessen macht.

Ich habe §. 76. der Mechanik des Fehlers dieser Mühle erwähnt, daß die Kraft selbst die Reibung an dem Ende der Achse vermehre. Sie hat aber noch zwei andere Mängel, nemlich 1) daß der Wind nicht in horizontaler Richtung die Flügel faßt. 2) Das Rad, welches 12 Fuß im Durchmesser hat, macht mit jedem Umgange der Flügel nur Eine Wendung. Dadurch wird die Bewegung der Schaufeln zu langsam, als daß sie das Wasser gehörig fortschleudern könnten. Sie dienen also nur bei starkem Winde, und man kann daher nicht bei ihnen auf mehr als zwölf Morgen hiesigen Feldmasses rechnen, die sie vom Wasser befreien könnten, zumal, wenn auf einen nassen Winter ein Frühjahr folgt, das nicht viel starke Winde hat. Bei den Hausmühlen greift das in der obern Welle befe-

stigte Kammrad, eben wie bei den Kornwindmühlen, in einen Trilling ein, treibt eine senkrechte Welle, die durch einen zweiten Trilling ein mit der Welle des Wurfrades verbundenes Kammrad herumführt; und da hat man es in der Macht, dem Wurfrade zwei oder drei Umgänge gegen Einen Umlauf der Mühlenflügel zu geben. Indessen ist diese **Steertmühle** ungefähr viermal so wolfeil im Bau, als die kleinste Hausmühle, und für ein kleines Bauergut zuträglicher, zumal in einer Gegend, wo dem Landrechte gemäß ein jeder Besitzer eines Grundstüks für die Auswässerung selbst sorgen muß.

§. 56.

Ich habe noch dreier Maschinen dieser Art zu erwähnen, in welchen die Luft nicht mit einwirkt, die ich aber weder weitläuftig in Worten noch im Kupferstich werde beschreiben dürfen, da auch die unvollkommensten Lehr- und Lesebücher über die Hydraulik dieselben beschreiben.

Diese sind:

1) **Die Kastenkünste.** An einer gedoppelten Kette, die über eine ekigte grosse Welle geschlagen ist, damit sich die Glieder der Kette fest anlegen und sich einhaken können, sind grössere oder kleinere Eimer oder Kasten befestigt. Diese Kette windet sich über der Welle auf und ab, führt

die

die ledigen Kasten unter dem Wasser durch, wo dann eine zweite ähnliche Welle halb oder ganz unter Wasser angebracht werden muß. Die Kasten füllen sich, indem sie unterm Wasser durchgezogen werden, giessen an der obern Welle seitwärts aus, und werden alsdann in umkehrter Lage wieder zum Wasser hinabgedreht.

2) Die **Paternosterwerke**, eine Benennung, die von der Aehnlichkeit mit dem Paternoster oder Rosenkranz entsteht. Lederne, scharf ausgestopfte, länglichte Bälle werden in gleichen Distanzen an einer eisernen Kette befestiget und um eine oberhalb angebrachte Welle, durch eine Kraft aufwärts bewegt, welche man auf mancherlei Art anbringen kann. Einen Teil ihres Weges müssen sie durch eine hölzerne nach dem Durchmesser dieser Bälle gebohrte Röhre machen, deren unteres Ende wenigstens so weit unter Wasser steht, als einer dieser Bälle von dem andern absteht. Wann nun dieselben bei Auf- und Herunterführung der Kette in diese Röhre treten, so führen sie das zwischen ihnen gefangene Wasser, so lange sie gut anschliessen, insgesamt mechanisch in die Höhe bis zu dem ihm oben gemachten Ausfluß. Man bringt auch statt dieser gefutterten Bälle Scheiben an, die man in der Mitte eines jeden Gliedes dieser Kette befestigt. Es ist klar, daß bei diesen Schöpfwerken eine grosse Reibung statt hat, welche zu überwinden viel Kraft erfodert wird, daß sie leicht verschleissen und öfterer Ausbesserungen benötigt sind. Indessen gibt es Fälle, wo man sich ihrer vor-

vorzüglich bedienen muß, insonderheit da, wo man das Wasser zu einer Höhe bringen will, in welcher gewöhnliche Pumpen nicht mehr Dienste thun können. Auf den grossen Kriegsschiffen unserer Zeit haben sie den Vorzug vor den gewöhnlichen Pumpen. Denn was ein Paternosterwerk einmal gefaßt hat, das bringt es gewiß in die Höhe, und, wenn sie gleich bald schadhaft werden können, so ist die Reparatur doch leichter, als wenn an Pumpen die Ventile schadhaft werden, zu einer Zeit, da man zur Rettung des Schiffes aufs stärkste fortarbeiten muß.

3. Auch der Schaufelkünste muß ich erwähnen, wiewol deren Gebrauch nicht sehr gewöhnlich ist. Das Hauptstük daran sind quadratische Bretter in der Mitte kurzer hölzerner Stangen befestigt, die durch ihre Zusammenfügung eine Art von Kette ausmachen, nnd vermittelst einer ekkigten Welle, zwischen deren eingefügten Armen sie sich einlagen und wieder auslösen, durch eine viereckte genau anpassende hölzerne Einfassung aufwärts gewunden werden. Bei ihrem Eintritt in diese vierekte Rinne fassen sie dann so viel Wasser, als zwischen den Schaufeln Raum hat, wenn dieselben dicht anschliessen, und schleppen dasselbe mit sich herauf bis zum obern Ausfluß. Man wagt es nicht, sie anders als in schräger Lage zu gebrauchen, so wie die Wasserschnekken, wenn gleich der Theorie nach sie eben so gut in steiler Höhe wirken möchten. Was ich von den Paternosterwerken in Ansehung der Reibung, der grossen Kraft, die sie erfodern, und

der

der öftern Reparatur gesagt habe, gilt noch mehr von ihnen. Aber so lange sie ohne Fehl gehen, schaffen sie mehr Wasser als eine der andern.

§. 57.

Wer von den hier kurz beschriebenen Maschinen und den mannigfaltigen Verändrungen, die man dabei erdacht hat, mehr unterrichtet sein will, den werde ich auf **Leupolds hydraulisches Maschinentheater** verweisen dürfen. Denn mir sind keine spätere Verbesserungen an denselben bekannt, welche nach Leupolds Zeit angegeben wären, ausser der erwähnten an der Wasserschraube.

Aber das zu erwähnen halte ich für wichtig, daß drei derselben, das Schöpfrad, die Kastenkunst und die Schaufelkunst auch einer Anwendung fähig sind, in der Reinigung der Flüsse und Häfen von dem Sande und Moder. Das Schöpfrad suchte vor funfzig Jahren ein Franzose Peltier zu diesem Zwek bei der Stadt Bremen anzuwenden. Das Rad hatte 38 Fuß im Durchmesser. Längst jeder Speiche waren eiserne offene Röhren angebracht, die sich ausserhalb der Peripherie in der Figur eines Löffels endigten. Diese Löffel schabten den Sand aus dem Grunde weg, nahmen ihn mit sich in die Höhe, und, so wie sie etwas über einen Viertelcirkel gemacht hatten, neigten sie sich gegen die Mitte zu, da denn der Sand in dem schräg werdenden Wege herab und in eine

grosse

grosse kegelförmige Rinne fiel, die ihn in die untergelegten Barken abfallen ließ. Das ganze war auf einem grossem Prahm angebracht, und mit demselben eine Art von Windmühle verbunden, welche die Maschine trieb. Die Arbeit selbst gelang, aber die Schwierigkeit, den ausgeschöpften Sand zu lagern, vereitelte den Gebrauch dieser wol ausgedachten Maschine, von welcher die in Kupfer gestochene Zeichnung eine grosse Seltenheit ist.

Das gewöhnliche Schöpfrad mit an dessen Peripherie angehängten Eimern ist in vielen dergleichen Maschinen angewandt. Die Stadt Lübek bedient sich derselben zur Reinigung der Trave und Austiefung der Barre vor deren Mündung.

Die Kastenkunst ist in Frankreich in verschiedenen Häven und Flüssen bisher angewandt. Da sie allein anwendbar ist, wo die Wasserhöhe durch Fluht und Ebbe sich ändert, indem sie von einer Viertelstunde zur andern darnach umgestellt werden kann, so habe ich unserer Stadt nicht anders als raten können, eine solche zur Reinigung der Elbe und des Havens bauen zu lassen, von welcher ich dem guten Erfolg nach deren Vollendung entgegen sehe. Ich muß dabei anmerken, daß die Kette mit den Eimern oder Kasten nicht, wie bei den Kastenkünsten, die nur Wasser schöpfen sollen, senkrecht auf und nieder, sondern schleppend in fast horizontaler Lage über den Sand bewegt werden muß.

Ein

Ein Schaufelwerk, zu eben diesem Zwek angewandt, kann man in van Zyls Mühlenbuche Tab. 39. bis 42. einigermassen kennen lernen, so wie es für den Haven von Amsterdam in Gebrauch gesezt ist. Ich sage: einigermassen. Denn von Zyl hat bei einem grossen Aufwande von Kupfern oft die wesentlichsten Zeichnungen vergessen. Hier fehlt ein Profil, welches die schräge Heraufbewegung der Schaufeln längst einer Futterung von starkem Holze, und das Fortrücken der Maschine von der ausgetirften zu der noch auszutiefenden Stelle darstellen müßte. Das Werk selbst wird von Pferden getrieben, und hat nach meinem Bedenken bei weitem zu viele Räder. Ich habe vor kurzem eine ähnliche Maschine in Wismar gesehen, welche durch ein grosses Tretrad bewegt wird. Die Schaufeln sind von schweerem gegossenen Eisen, so daß ihr Gewicht selbst das Beste tuht, um sie in den Schlamm oder Sand eingreifen zu machen.

§. 58.

Man hat einige dieser Werke so anzulegen angegeben, und zum Teil auch angelegt, daß das Wasser selbst, wenn man dessen einen hinlänglichen Vorrat hat, dienen muß, um sie in Bewegung zu sezzen, und darin zu erhalten. Eine dergleichen, wo zwei Kastenkünste sich um Eine Welle bewegen, deren die eine in ihren viel grössern Eimern so viel Wasser faßt, daß dnrch dessen Gewicht die Welle umhergeführt und die zweite eigentlich zum Schöpfen be-

stimmte Wasserkunst in Bewegung sezt, beschreibt Perrault in seinem französischen Vitruv und Leupold nach ihm (Theatr. Hydraul. Tab. 23). Das best ausgedachte Schöpfwerk dieser Art, aber nur um eine geringe Wassermasse zur Zeit zu heben, war wol die in einem Kloster in Rom angebrachte Eimerkunst, von welcher Leupold (a. a. O. Tab. 24.) eine sehr genaue Beschreibung in dem Text giebt.

Freilich werden alle solche Schöpfwerke sehr kostbar, wenn sie durch die Kräfte von Menschen und Thieren in Gang gesezt werden sollen: Aber es sind manche derselben, bei welchen keine andere, als diese, angewandt werden kann.

Ich mag nicht weiter gehn. Die Erfindsamkeit der Menschen in Ansehung eines so notwendigen Bedürfnisses, als das Wasserschöpfen, ist äusserst mannigfaltig gewesen, zumal, so lange man die Pumpen nicht recht kannte und gehörig zuzurichten wuste. Die alten Maschinentheater von **Bessoni, Ramelli, Zeising** u. a. geben solcher Werkzeuge, in denen die Luft noch nicht mit ins Spiel kommt, so viele an, die zum Teil äusserst zusammengesezt sind, und, wenn sie jemals in Gebrauch gesezt worden, doch nicht lange in demselben verblieben sein mögen.

Des vierten Abschnitts zweite Abteilung.

Von denen Werkzeugen, in welchen die Luft die Bewegung des Wassers bewirkt.

§. 59.

Wie die durch natürliche Ursachen bewegte Luft oder der Wind eine vorteilhafte Kraft zur Bewegung von so manchen Maschinen abgiebt, so ist sie es auch bei mancher derjenigen, welche die Bewegung des Wassers zur Absicht haben. Doch gehört keine derselben in dieser Absicht hieher; wie ich denn bereits einiger in dem vorigen Abschnitt erwähnt habe, die zwar nicht immer, aber doch vorzüglich durch den Wind in Bewegung gesezt werden, dergleichen die in den gesenkten Ländern gewöhnlichen Schöpfmühlen sind. Denn weil die dem Wasser durch diese Maschinen selbst unmittelbar mitgeteilte Bewegung nach bloß mechanischen Gründen vorgeht, und die Luft nur der Maschine ihre Kraft leihet, so erhielten sie dort ihren Ort. Hier ist der Ort für diejenigen, in welchen die Kräfte der Luft unmittelbar auf das Wasser wirken, diese Wirkung aber durch die Kunst so modificirt wird, daß die bei der Maschine zum Zweck gesezte Bewegung des Wassers zuverläßig erregt werden kann.

Wir kennen diese Kräfte der Luft im Allgemeinen aus der Aerometrie. Wir wissen aber auch, daß die Kräfte

der bloß durch Druck wirkenden Luft sehr genau bestimmte Grenzen haben; wiewol nicht so die der bewegten Luft. Diese hat man bisher noch nicht zur Bewegung des Wassers unmittelbar anzuwenden gelernt, und wahrscheinlich wird man es nie entweder lernen, oder es mit Vorteil, oder bei ihrer grossen Abwechselung mit Erwartung eines sichern Erfolgs tuhn können. Zum Glück haben wir genug an den Kräften der ruhigen Luft, und eine zuverlässige Berechnung macht uns jedesmal zum voraus gewiß, was wir von denselben zu erwarten haben.

§. 60.

Die einfachste unter diesen Maschinen ist der Heber.

Wenn man das Eine Ende A einer gekrümten an beiden Enden offnen Glasröhre (Fig. 11.) unter die Oberfläche des Wassers in einem Gefässe D taucht, und die Luft durch Saugen aus demselben zieht, so wird die äussere Luft durch ihren Druck auf das Wasser den ganzen Raum in dieser Röhre anfüllen, und es dem noch saugenden Munde zuführen. Wenn man dann zu saugen aufhört, so kömmt es darauf an, ob die Oefnung C höher oder niedriger als die Wasserfläche in dem Gefässe ist.

Ist sie höher, so wird das Wasser von dem höchsten Punkte B herab auf der Einen Seite in das Gefäß zurükfallen. Denn die Ursache hört auf zu wirken, welche es

bis B hinan trieb. Aus dem andern Arm der Röhre wird es durch seine Schweere herabfallen, wenn die Röhre weit ist und alles ist, wie vor dem Saugen.

Ist aber die Oefnung C niedriger als jene Wasserfläche, so wird das Wasser fortdauernd durch dieselbe auslaufen, und die Luft Wasser aus dem Gefässe nachtreiben, so lange noch in demselben etwas vorhanden ist, oder es bis unter der Oefnung A sich zu verlieren anfängt, da denn die Luft wiederum frei in die Röhre auch von dieser Seite her treten kann.

Der Grund davon liegt darin: in beiden Armen der Röhre sind zwei Wassersäulen enthalten; in dem einem die kürzere D B von der Oberfläche des Wassers ab aufwärts, in dem andere die längere B C. Doch müssen beide Längen nicht nach der Figur der Röhre, sondern nach den Perpendicularhöhen E D und F C bestimmt werden. Die Luft drükt so gut gegen die Oefnung C als auf die Wasserfläche in D. Der Druk der Luft auf beiden Seiten ist gleich, oder kann ohne Folgen gleich angenommen werden, wenn gleich nach der Theorie die Luft schon stärker auf den niedrigern Punkt C drükt, aber der Unterschied zu unbeträchtlich gegen die Höhe der ganzen Atmosphäre ist. Wenn beide Höhen einander genau gleich wären, oder wenn die Röhre mit der Oefnung C in ein anderes Gefäß mit Wasser gesezt wird, in welchem dasselbe eben so hoch, als in D steht, so sind es zwei gleiche Kräfte,

welche

welche dem zufolge die gleich hohen Wassersäulen in beiden Armen der Röhre eine so gut wie die andere halten werden. Aber wenn dies nicht ist, so muß notwendig dies die Folge werden: Von den zwei gleichen Kräften gewinnt der Druk der Luft auf das Wasser in D die Oberhand über den Druk in C, weil jener einer niedrigern Wassersäule längst D B entgegen wirkt, als dieser längst C B. Denn wenn mit zwei genau gleichen Kräften, die gegen einander streben, etwas ein- oder entgegenwirket, und dies etwas auf Seiten der Einen Kraft mehr wird, so entsteht ein Grund des Uebergewichts, welches bei der gleich angenommenen Wirkung der Kräfte selbst nicht entstehen könnte. Hier geht die Sache eigentlich so zu. So wie die Oefnung C frei wird, und das erste Wasser aus dieser zu fliessen anfängt, fällt es von dem höchsten Punkte B herab nach C. Entstünde in demselben Augenblik eine Oefnung über B, durch welche die Luft eintreten könnte, so würde die Ursache wegfallen, aus welcher die Luft das Wasser bis soweit steigen machte. Jezt aber, da ein leerer Raum zu entstehen droht, so treibt die Luft von A her neues Wasser in die leer werdende Stelle bei B. Dies würde die Luft auch von C herauf thun. Aber der Weg ist kürzer für den Druck der Luft von G herauf, als von C her. Die Wassersäule längst D B folgt dem Drucke schneller, als die längst C B. Also ist das Wasser schon früher in B durch jenen Trieb, als durch diesen. Was bei dem ersten Wegfallen des Wassers von B herab nach C vorging, geht mit allem nachfolgenden vor. Es

fällt

fällt herab nach C zu, und der gleich starke Druk der Luft gegen C gibt jenem nach, weil ihm die längere Wassersäule entgegen fällt. Man kann sich davon durch folgenden leichten und wolfeilen Versuch überzeugen: man nehme einen solchen Heber von Glas von ungefähr gleichen Armen, sezze einen von dessen Armen unter die Oberfläche des Wassers in Einem Glase, bringe den andern Arm durch Saugen zum Laufen, und sezze dann ein anderes Glas unter demselben, welches sich von dem auslaufenden Wasser nach und nach anfüllen wird. Man stelle beide Gläser auf einen Tisch; so wird kein Wasser mehr übergehen, so bald es in beiden Gläsern eine gleiche Höhe erreicht hat. Nun hebe man wechselsweise das eine und das andere Glas, so ist das Gleichgewicht gestört und das Wasser wird durch den Heber sich aus dem Gefässe wegziehen, dessen Oberfläche durch diese Hebung des Glases die höhere geworden ist, und wieder in dasselbe zurük fliessen, sobald man dies zum Teil ausgeleerte Glas auf den Tisch niedersezt, da dessen Oberfläche die niedrigere wird.

§. 61.

Dieser Heber, zu einer grössern Weite und Länge ausgearbeitet, ist eine der vorteilhaftesten Wassermaschinen. Wenn er einmal an seiner Stelle und zum Ziehen gebracht ist, kann man der Luft allein alles überlassen, und es wird keine andere Kraft erfodert, um die Wirkung zu erhalten,

oder zu erneuern. Es ist bekannt, wie man sich derselben zur Auslerung grösser Fässer durch deren Spundloch bedient, aus welchem er so lange den darin vorhandenen Wein und dergleichen herauszieht, als dessen Oefnung ausserhalb dem Gefässe niedriger ist, als die Oberfläche des Weines in dem Gefässe. Aber eben so wird er das Wasser über eine Anhöhe führen, so lange deren Perpendicularhöhe nicht zu groß für die uns bekannten Kräfte der Luft wird. Die äusserste Grenze dieser Kraft ist, unter der Voraussezzung einer Luftschweere, die das Quekſilber in einer Höhe von 28 Par. Zoll erhält, 32 P. Fuß 8 Zoll oder 37 Hamburger Fuß.

Freilich wird bei so weiten Röhren des Hebers keine menschliche Lunge die Luft so weit aussaugen, daß das Wasser demselben bis zu dem höchsten Punkt folgte. Dazu aber giebt es folgendes Mittel: Man bringt an beiden Oefnungen der Röhre Hahne an, durch welche man dieselben genau verschließt. Oben an dem höchsten Punkt giebt man ihr eine Oefnung, die man auch nach Gefallen luftdicht verschliessen kann. Durch diese Oefnung füllt man die Röhren auf beiden Seiten mit Wasser und verschließt alsdann die obere Oefnung. Nun öfnet man zuerst den Hahn an dem kürzeren Arm der Röhre unterhalb der Oberfläche des Wassers in dem Behälter oder Teich, aus welchem man dasselbe über den Berg fortleiten will. Die Luft läßt das Wasser nicht zurüksinken, wenn es nicht für deren Kräfte zu hoch steht. Alsdann öfnet man den

Hahn an dem niedrigern Ende, und so, wie das Wasser Einmal zum Fliessen gekommen ist, zieht es fortwährend durch denselben ab, so lange der Heber nicht schadhaft wird. Man liest zwar viel in Schriften eines mit diesem Gegenstande verwandten Inhalts von Hebern, die auf eine grössere als die erwähnte Höhe ziehen sollen. In dem vorigen Jahrhunderte war viel von dem Heber eines Bürgers in Stuttgard Namens Jordan zu sagen, der die Sache bis zu seinem Tode entweder nicht vollendete, oder nicht vollenden konnte, wenigstens nicht kund machte. Man hat andere Angaben von gleicharmigten und den- noch ihre Dienste leistenden Hebern, worüber man Leupolds hydraulisches Maschinentheater nachsehen kann. Ich mag aber von diesen Künsteleien nichts besonders sagen. So viel ist gewis, daß jeder Versuch den Heber in grössern Höhen anzuwenden, als in welchen die Luft bei dem höchsten Stande des Barometers wirken kann, bisher mislungen ist.

Der Stechheber, ein Werkzeug, dessen man sich bedient, um aus grössern Gefässen eine kleine Masse, z. B. aus dem Spundloch eines Fasses Wein ein Glas voll zur Probe hervor zu heben, bedarf keiner umständlichen Erläuterung für den, der nun einmal weiß, daß die in demselben gefaßte Masse, nachdem man die obere Oefnung mit dem Daumen geschlossen hat, nicht aus der untern Oefnung wegfallen kann, so lange der Luft nicht der Zugang zur Ausfüllung des von jener verlassenen

Plazes geöfnet wird. Dieser öfnet sich ihr, wenn der Daumen, der die öbere Oefnung bedeckte, sich abhebt. Er öfnet sich ihr auch von unten auf, wenn die Oefnung der Röhre weit genug ist, daß das Wasser etwas frei herausfallen, und die Luft neben demselben eindringen kann. Eine gleich weite nicht sehr enge Röhre kann daher nicht als Stechheber dienen. Aber eben deswegen macht man an derselben die untere Oefnung so enge, daß auch die Anziehung an deren Peripherie das Wasser halten hilft.

Für den eigentlichen Vortrag der Naturlehre dienen Werkzeuge und Versuche, in welchen der Heber, unter allerlei Gestalten angewandt, mancherlei physikalische Spielwerke darstellt, insbesondere aber anschaulich dargetahn wird, daß kein Heber im luftleeren Raum ziehe, folglich die Luft die einzige Ursache von dem Steigen der Flüssigkeiten in demselben sei.

§. 62.

Es ist nicht leicht irgend ein Werkzeug mit der **Pumpe** in Absicht auf Nuzbarkeit zu vergleichen. Man schreibt deren Erfindung dem Ktesibius zu, einem Mathematiker in Alexandrien, der im zweiten Jahrhundert vor Christo lebte. Doch ist dies nicht so ausgemacht, als daß er der Erfinder der Wasserorgel gewesen sei. Aber eben deswegen ist es auch sehr glaubbar, daß der Erfinder der Wasserorgel gar wol auch die Pumpe zu erfinden Fähig-

keit gehabt haben möge. Auf jene leitete ihn, nach Vitruvs Erzählung, ein Zufall, und sehr wahrscheinlich bewirkte auch ein Zufall die zweite Erfindung. Denn von dem Grunde der Sache wußte weder ein Ktesibius, noch irgend ein Weiser seiner Zeit das Geringste

Man teilt die Pumpen in **Saug-** und **Drukpumpen** ein. In jenen wird das Wasser durch die Wirkung der Luft aufwärts gezogen, in diesen wird es durch die nach Gründen der Mechanik zu bestimmende Kraft eines festen Körpers in die Höhe gepreßt. Der Unterschied wäre wesentlich, und würde mich genötigt haben, leztere in dem ersten Abschnitt zu erklären, wenn nicht fast in allen Drukwerken der Druk der Luft benuzt würde, um denselben das Wasser zuzuheben; und eben deswegen muß ich von den Saugpumpen zuerst reden.

§. 63.

So bekannt die innere Beschaffenheit einer gemeinen Saugpumpe vielen meiner Leser wahrscheinlich ist, so halte ich es doch für notwendig, eine Darstellung derselben in zwei Figuren zu geben, deren eine, (Fig. 12.) den Mechanismus der Pumpe bei aufwärts- und die andre (Fig. 13) bei niederwärtsgehendem Kolben darstellt, um in deren Erläuterung den Grund zu meinen folgenden Anmerkungen zu legen. Eine hölzerne Röhre AB aus einem so dik gewählten Stamme eines Baumes, daß der runde Canal derselben noch mit hinlänglich dikkem Holze bedekt bleibt, durch welches die Luft, wenigstens nur mit Schwie-

rigkeit, durchdringen kann, wird mit ihrer untern Oeffnung B unter die Fläche CD eines Gewässers CD gestellt. Der Cylinder E, befestigt an einer Stange EF, wird durch irgend eine Kraft in die Höhe gezogen. Diesem, dem sogenannten Pumpenkolben, würde, da er luftdicht an der Wand der Röhre anschließt, das Wasser durch den Druk der Luft, dessen Vermögen wir kennen, von der Oberfläche auf nachfolgen, aber dieselbe verlassen, wenn sie sich über die Grenze GH hinaus bewegt, bis zu welcher die Luft eine Wassersäule halten kann. Die äusserste ist 32 Pariser Fuß 8 Zoll, wenn das Barometer 8 Zoll hoch steht. Ich will aber die mittlere Höhe auf 31 Fuß mit **Belidor** ansetzen, in der Voraussetzung, daß manche meiner Leser nach mir **Belidor** als ihren Lehrer werden benuzen wollen, weswegen ich auch hier nur vom Pariser Maas reden will.

§. 64.

Ehe ich weiter in der Erklärung des Werkzeugs selbst fortgehe, muß ich aus der Hydrostatik und Aerometrie wiederholen, daß, wenn flüssige Körper Einer oder verschiedener Art gegen einander in zusammenhängenden Röhren, oder wenn Eine Flüssigkeit mit freiem Druk auf die andre in eine Röhre getriebne wirket,

1) Die Weite der Röhre, und

2) Die Figur oder Lage derselben nichts in der Wirkung ändere, sondern alles auf den perpendiculairen Abstand von dem Punkte ab ankomme, von welchem auf die gedrukte Flüssigkeit zu steigen genöthigt wird. Da nun der Druk der Luft vermag, eine Wassersäule 31 Fuß hoch zu halten, so bewirkt er dieses in jeder Röhre, sie sei so weit, wie sie wolle, sie stehe senkrecht auf, oder liege schräge, oder sei ein- oder mehrere male gekrümmt.

Lange hatten die Alten die Pumpen schon gekannt und diese Erfahrung vielfältig gemacht. Auf die Frage: wie geht dies zu? war die allgemeine Antwort ihrer Weisen: die Natur hat einen horrorem vacui, (einen Abscheu an dem leeren Raum). War die Frage: Aber warum steigt denn das Wasser dem Pumpenkolben nur bis zu einer gewissen Höhe nach? so war die Antwort: die Natur hat diesen Abscheu vor dem leeren Raum nur bis zu einem gewissen Grade. Wenn des leeren Raums zu viel wird, so läßt sie es dabei bewenden. Sehr wahrscheinlich mag mancher denkende Kopf jener Zeit gefragt haben: Aber in einer 3mal engern Pumpe ist der leere Raum in einer Höhe von 31 Fuß doch noch immer neunmal kleiner, als bey einer dreimal im Durchmesser und neunmal in der Durchschnittsfläche weitern Röhre. Wenn die Luft in die weitere Röhre das Wasser $3\frac{4}{9}$ Fuß hoch getrieben hat, so ist schon in derselben ein eben so grosser Raum ausgefüllt, als in der engern Röhre bei 31 Fuß. Warum begnügt sich denn die Natur hier nicht schon, sondern füllt auch in

der weitern Röhre den Raum bis zu 31 Fuß Höhe aus, ehe sie sich beruhigt? Aber gewiß ist damals nie eine genügende Antwort darauf gegeben worden. Diese gibt nur die Hydrostatik und Aerometrie, aber in einer Reihe von Wahrheiten, die man wol verstanden haben muß, ehe man zu einer völlig genügenden Erklärung gelangt. So ist es aber mit den Wissenschaften. Dem, der nicht nachdenken will, darf man nur ein Wort hinwerfen, und er ist zufrieden. Aber wissen, recht wissen, ist nicht so leicht, doch immer die Mühe, die der Verstand anwendet, schön und zuverlässig belohnt, wenn nur zwischen den ersten richtigen Grundsätzen und der entfernten Schlußfolge keine Lükke statt findet.

§. 65.

Das bloße Heben des Wassers kann nicht der Zwek der Pumpe sein. Ihm muß ein Ausfluß an dem höhern Ort gegeben werden, zu welchem man es bringen will. Dieser kann nicht unter dem Kolben sich befinden. Er würde der Luft einen Zugang in die Röhre öfnen, sobald die Kolbe bis an diese Ausguß-Röhre gelangt, und nicht Wasser hinaus, sondern Luft hereindringen, das bis dahin gestiegene Wasser zurüksinken machen, und der Kolben in der Röhre sich vergebens so hoch bewegt haben. Dies zu verhindern, wird unter dem Kolben sowol, und den Umständen nach noch tiefer, als der Wasserstand C D, ein sogenanntes Ventil I angebracht, d. i. ein Körper, welcher dem Was-

ser

ser das Steigen nicht wehrt, aber dessen Zurükſinken hindert. Dies ist also ein durchbohrter kurzer Cylinder, dessen Canal oben eine Klappe K dekt, welche sich dem aufſteigenden Wasser, Fig. 12. öfnet, und bei dessen erstem Zurükfall, Fig. 13. wieder auf die Oefnung fällt. Noch immer kann der Ausguß nicht zwischen dem Ventil und der Kolbe sein. Der Kolben würde zwar mit seiner Bewegung aufwärts das Wasser bis an diese Oefnung ziehen; aber so, wie er an dieselbe kömmt, die Luft eindringen, und dessen Steigen auch nur bis in den Ausguß verwehren. Deswegen wird also der Kolben selbst durchbohrt und ein Ventil L dekt auch dessen obere Oefnung. Jezt kann der Kolben wieder zurükkehren. Fig. 13. Denn dem Waſſer unter ihm, das sich nicht würde von ihm zusammenpreſſen lassen, ist ein Weg durch C geöfnet, durch welchen daſſelbe oberhalb des Kolben seinen Raum suchen kann, indem dieser sich bis K herab bewegt. Bei dem ersten Ruck wieder aufwärts wehrt das Ventil L Fig. 12. dem die Rükkehr durch den Kolben suchenden Wasser dieselbe, indem es auf die Oefnung in dem Kolben fällt. Das Wasser, welches sich über demselben bis an den Ausguß M befindet, wird nun mechaniſch bis zu dem diesem Ausguß gehoben. Unterhalb geht nun eben die Wirkung wiederholt vor. Die Luft preßt von unten dem hinaufrükkenden Kolben E das Wasser aufs neue nach, und diese Waſſerſäule muß teilweise sich oberhalb dem Ventil des Kolben fangen und aufwärts bewegen lassen.

Es ist für die Folge erheblich, hier anzumerken, daß diese aufwärts gehende Bewegung des Wassers in der Saugpumpe zwei Theile hat. Die erste bis an den Kolben E ist eine Wirkung der Luft. Die Bewegung des Wassers über dem Kolben ist es nicht mehr, sondern ist blos mechanisch zu beurteilen. Es kann daher eine Pumpe das Wasser im Ganzen viel höher bewegen, als 31 Fuß. Die Wirkung der Luft ist begränzt. Aber die zweite Wirkung können wir vorjezt noch als keiner bestimmbaren Grenze fähig ansehen. Ist die Kraft stark genug, um eine über dem Kolben befangene Wassersäule von 69 Fuß hoch zu halten und zu heben, so kann eine blosse Saugpumpe als mächtig genug angesehen werden, das Wasser auf eine Höhe von voll 100 Fussen zu bringen, nachdem die Luft dasselbe 31 Fuß hoch bis zu dem Kolben gehoben hat. In der That hebt man in den Bergwerken das Wasser mit jeder solchen Pumpe, dergleichen man einen hohen Saz nennt, über 40 Ellen, ja in den Ungarischen Bergwerken 48 Ellen hoch.

§. 66.

Man hat vielerlei Angaben, um Wassermaschinen so mit sich selbst wiederholt zusammenzusetzen, daß eine der andern das Wasser zuhebt, um es höher zu heben. Die Maschinentheater geben z. Ex. Zeichnungen an, wie mehrere Wasserschnekken oder Hebeschaufeln, mit einander zusammengesezt, das Wasser zu viel grössere Höhen bringen,

gen, als mit Einer dieser Maschinen allein möglich ist. Das sieht nun alles freilich ganz artig in der Zeichnung aus; mag auch noch wol im Modell gehen. Aber mir sind doch keine Beispiele bekannt, daß dergleichen Zusammensetzungen im Grossen mit gutem Erfolg ausgeführt wären. Nur bei den Pumpen ist es vorlängst gelungen; wenn gleich Ein hoher Saz das Wasser bis auf 80 Fus und darüber hebt, so sind doch derer Fälle sehr viel, in welchen man sich mit dieser Höhe keineswegs begnügen kann, sondern das von Einer Pumpe gehobene Wasser durch eine zweite und mehrere zu einer Höhe von vielen Hundert Fussen hinauf heben muß. Die Zurichtung dazu ist folgende: An eine starke, durch eine dazu hinreichende Kraft auf und niederbewegte Stange ist zu unterst ein Holz befestigt, das man in Bergmannssprache den Krumpus nennt. Man sehe A Fig. 14. An diesem ist die Stange M befestigt, mit welcher die Kolbe der untersten Pumpe D E auf und nieder bewegt, und das Wasser durch den Ausguß F zum Behälter G hinausgeschaft wird. In diesem stark zu unterstützenden Behälter steht dann eine zweite Pumpe mit ihrem Fuß. Ein zweiter Krumpus H bewegt eben so wie der untere die Pumpstange und Kolbe derselben. So gießt diese in einen zweiten Behälter I das Wasser aus, in welchem ganz auf eben dieselbe Art eine dritte Pumpe ihren Stand hat. Man sieht, daß dies in dem Maasse wiederholt werden kann, welches die Kraft angiebt, mit welcher die zu oben angebrachte Maschine die grosse Kunst-Stange L M mit ihren Krumpussen

in wiederkehrende Bewegung sezt. Ist diese Kraft stark genug, daß sie die an sich schweere Stange mit ihrem ganzen Anhange und acht, achtzig Fuß hohen Wassersäulen in so vielen Pumpen heben und das vielfache Reiben überwinden kann, so kann man durch einen einzigen solchen Kunst-Satz das Wasser 8 mal 80, d. i. 640 Fuß hoch bringen. Ich werde bald über den Gebrauch davon in den Bergwerken etwas mehr sagen.

§. 67.

Die im vorgehenden Abschnitt erläuterten blos mechanisch-wirkenden Maschinen bedürfen fast alle keiner wiederkehrenden Bewegung der bei ihnen angewandten Kraft. Bei dem Heber wirkt die Luft nnmittelbar, und ohne daß eine zweite absonderlich wirkende Kraft zu Hülfe kommen dürfte, um sie ganz oder biß zu dem Grade zu erneuern, in welchem sie zu benuzen die Maschine eingerichtet ist.

In der Saug-Pumpe aber wird die Einwirkung der Luft, als eine eigentlich nur zn Hülfe kommende Kraft benuzt, das zu tuhn, was in den Druckwerken die angebrachte Kraft unmittelbar und allein tuht. Sie mnß ohn Unterlaß in die Umstände gesezt werden, daß sie mit demjenigen Grade der Kraft aufs neue einwirke, mit welchem es für die Maschine nötig ist. Es wird also eine wiederkehrende Bewegung desjenigen Werkzeuges nötig, durch welch dieß bewirkt werden soll. Ich will dieß jezt

näher an der Saugpumpe der möglichst einfachen Art erläutern, nemlich derjenigen, welche eine durchaus gleichweite Röhre hat.

Wann diese Pumpe, Fig. 15. noch ganz wasserleer mit ihrem untern Ende in den Wasserbehälter gestellt wird, so wird der erste Zug des Kolben von A bis B hinauf den Raum vergrössern, den die Luft vor diesem Zuge, welchen man den Kolbenhub nennt, einnahm. Sie wird sich also mehr ausdehnen und minder elastisch werden, und die äussere Luft das Wasser von unten auf bis D hinaufdrükken können. Mit dem zweiten Zuge erfolgt ein gleiches: Aber die Höhe C, bis zu welcher das Wasser steigt, fällt doch schon aus dem Grunde etwas geringer aus, weil die Luft es mit einer schon höhern Wassersäule, als bei dem ersten Zuge zu thun hat. Dies geschieht bei den folgenden Zügen eben also, so daß, wenn die Kolbe bis auf volle 31 Fuß von C auf sich entfernt, das Wasser zwar bis dahin ihr noch nachfolgen wird, aber immer langsamer, je näher es zu dieser Höhe kömmt. Wenn nun der Kolben wieder zurükkehrt, nachdem er das über ihm gefaßte Wasser bis zu dem Ausguß F getrieben hat, dann aber wieder steigt, und neues Wasser nachsaugt, so wird die Kraft der Luft, eben wie vorhin, nicht schnell genug die so hohe Wassersäule dem Kolben nachheben. Es kann also erfolgen, daß bei einer zu schnellen Bewegung das Wasser zurükbleibt, und für eine Weile ein leerer Raum zwischen demselben und dem Kolben bleibt. Aus dieser Ursache

sache darf man nicht den Kolben zu hoch über dem Wasserbehälter anbringen, sondern die Stange, mit welcher dieser bewegt wird, muß so tief herab gehen, daß er das Wasser schon etwa 20 bis 24 Fuß über dem Behälter faßt. Dann muß die übrige Höhe, bis zu welcher man das Wasser heben will, durch die Kraft selbst gewonnen werden, durch welche jene wiederkehrende Bewegung bewirkt wird.

§. 68.

Bei unsern gewöhnlichen Pumpen durchläuft der Kolben einen nur kleinen Raum. Wenn der Hebel an der Pumpe 6 Fuß lang von seinem Ruhepunkt ist, der kurze Teil desselben aber, an welchem die Stange hängt, welche die Kolbe auf und niederführt, 8 Zoll lang ist, so entsteht eine ungefähr 9 mal kleinere Bewegung, als die an dem Ende des Hebels ist. Wenige dieser Pumpen werden so eingerichtet, daß mit jedem Zuge die Bewegung volle 8 Zoll betrüge, und folglich ein Cylinder Wasser jedesmal gehoben würde, welcher zur Grundfläche die Fläche des Kolben und zur Höhe 8 Zoll hat. Will man also viel Wasser durch eine solche gemeine Pumpe heben, so muß deren Röhre möglichst weit sein, damit dieser Wassercylinder bei einer solchen kleinen Höhe viel betragen möge. Bei grossen Wasserkünsten, die viel Wasser geben sollen, wird die Kraft nicht an einem blossen Hebel angebracht, sondern die Pumpstangen mit einer Maschine verbunden, vermittelst

deren sie den Umständen gemäß mehrere Fuß hoch und wieder herabgeführt werden kann. Da gibt dann ein jeder Kolbenhub so viel mehr Wasser. Aber um dessen noch viel mehr zu schaffen, wird die Rohre, in welcher dieser Kolben sich auf und nieder bewegt, viel weiter, als die Saugröhre, verfertigt, macht ein besonderes Stück aus, und ihr Material ist gewöhnlich Metall, so wie auch bei den meisten Wasserkünsten das der Saugröhre. Man s. Fig. 16.

In der öbern weitern Röhre A B bewegt sich ein Kolben C von so grossem Durchmesser und in so grossem Raum D E, als die Umstände es erlauben wollen, oder das Bedürfnis, welches die Maschine erfüllen soll, es erfodert. Man nehme an, dieser Durchmesser sei 1 Fuß und die Höhe D E 4 Fuß, so ist der Wassercylinder, der mit jedem Zuge der Kolbe gehoben wird, etwas mehr als 3 Cubicfuß. Wenn nun die untere Röhre 6 Zoll im Durchmesser hat, so ist ihre Durchschnittsfläche viermal so klein, und der Wassercylinder, welcher 3 Cubikfuß hält, muß in ihr 16 Fuß hoch sein. Daraus folgt, daß um in die öbere weitere Röhre 3 Cubikfuß hineinzuschaffen, (wie vorausgesezt wird, daß dies bei jedem Zuge der Kolbe geschehen soll,) das Wasser in der engern Röhre sich 16 mal so geschwind bewegen müsse. Hieraus entstehen drei Folgen:

1) Die Schnelligkeit des Zuges oder Hubes des Kolben kann leicht zu groß werden, so daß das Wasser

durch

durch die enge Röhre nicht schnell genug folgen kann, uud auch hier auf eine Weile ein leerer Raum in der weiten Röhre unter dem Kolben entsteht, da dann der Kolben schon wiederkehrt, ehe alles Wasser durch das Ventil in der Saugröhre ihm nachgestiegen ist. Er wird also nicht 3 Cubikfuß, sondern viel weniger bei jedem Hube in die Höhe bringen.

2) Dieser Fehler wird um so viel eher Statt haben, wenn der Kolben in seinem höchsten Stande sich beinahe 30 Fuß von der Oberfläche im Behälter entfernt. Man muß also bei diesen Pumpen noch mehr, als bei den gemeinen, mit einem geringern Steigen des Wassers in der Saugröhre zufrieden sein, weil sonst der zu schwach werdende Druk der Luft dem Wasser in der engern Röhre bei weitem nicht die Geschwindigkeit geben kann, welche man verlangt. Es wird daher in Bergwerken die Saugröhre nur 12 bis 16 Fuß hoch gemacht, darauf die weitere metallene Röhre gesezt, in welcher der Kolben sich auf und nieder bewegt, und auf diese die 60 und mehr Fuß hohe hölzerne Röhre angefügt, in welcher das Wasser bis zu dem Ausgusse mechanisch gehoben wird.

3) Man nehme die Kraft, welche den Hub des Kolben bewirkt, woher man wolle, man wende Menschen, Tiere, oder leblose Körper dazu an, so ist es klar, daß diese Kraft eine Bewegung des Wassers verursachen muß, welche nicht mehr aus der in der öbern weitern Röhre erschei-

scheinenden Masse und Geschwindigkeit des Wassers, sondern aus derjenigen Geschwindigkeit beurteilt werden muß, welche das dem Kolben zueilende Wasser in der untern engern Röhre hat. In dieser werden 3 Cubicfuß Wasser 16 Fuß hoch bewegt, deren Bewegung oben nur 4 Fuß wird. Man teile das Wasser in der engen Röhre in Gedanken in physische Flächen, so muß jede derselben sich viermal so geschwind, als der Kolben, bewegen. Nun denke man nicht etwan: das ist für den Kolber und die ihn bewegende Kraft einerlei, und bleibt dem Druk der Luft überlassen. So ist es nicht: sondern da jede Ursache mit der Wirkung im Verhältniß steht, so muß die Kraft, welche den Kolben hebt, gerade so viel tuhn, als sie tuhn würde, wenn beide Röhren gleich weit wären, und die Luft in dem untern Teile eben so viele, aber viermal grössere physische Flächen in dem gleichen Wege, nemlich 16 Fuß hoch treiben müste. Der Kolben muß das ganze Gewicht der Atmosphäre heben, welches auf seine Oberfläche druckt. Gesezt, die bewegende Kraft wäre zu schwach dazu, so wird die Luft, anstatt das Wasser von unten auf dem Kolben nachzudrücken, diesen herunter drücken, oder vielmehr nicht steigen lassen. Von dem Wasser, welches der Kolben über sich hebt, ist es klar, daß es (§. 31. der Hydrostatik) mit einer Kraft drücke, welche eben so zu beurteilen ist, wenn auch die Röhre oberhalb des Kolben enger, als der Stiefel wäre. Es kömmt also auch hier aufs neue das hydrostatische Paradox (§. 31. ff.) unter Umständen vor, wo man es nicht

er-

erwarten mögte, daß nämlich die Kraft aus der grösten Durchschnittsfläche des hier nicht drükkenden, sondern von der Luft gedrukten und dem Kolben dem Ansehn nach nacheilenden Wassers und der Höhe geschäzt werden muß, von welcher auf es gedruckt wird.

Man sieht aus diesen drei Bemerkungen, wie viel zu überlegen sei, wenn man bei einer Pumpe den grossen Vorteil benuzen will, welchen die Ungleichheit der Saugröhre und des eigentlichen Körpers der Pumpe gewährt. Die Kraft muß in jedem Fall weit grösser sein, als man auf den ersten Anschein annehmen mögte. Die Bewegung muß in Folge dieser Gründe gemässigt werden, wenn man auch nicht in Ansehung der Kraft verlegen ist, wie man sie groß genug bekommen möge, um diese Bewegung sehr geschwinde zu machen.

§. 69.

Dies wenige mag hinreichen, meine Leser zu belehren, wie viel bei einer Pumpe zu überlegen sei, um ihr die möglichgröste Vollkommenheit zu geben. Die Praktik hat bisher viel darin geleistet, ohne von der Theorie richtig geleitet zu werden. So manche grosse Wasserkunst, in welcher das Hauptwerk Pumpen sind, ist schon im vorigen Jahrhundert zu Stande gebracht worden, und leistet ohne Umänderung im Wesentlichen noch fortdauernd ihre Dienste. Unsere drei Hamburgischen Wasser-

ferkünste geben sehenswürdige Beispiele davon ab. Doch ist eine derselben ein reines Drukwerk, von welchem ich weiter unten noch etwas sagen werde. Aber noch weit grössere Wunder der Kunst sind die, welche in den Bergwerken angewandt werden, von welchen ich weiter unten den Wisbegierigen mehr Erläuterungen geben werde. Dagegen aber ist auch vieles in der Praktik bei solchen Kunstwerken versehen worden. **Belidor** fand viele dieser Fehler, als er seine Theorie von den Pumpen im zweiten Bande seiner Wasserbaukunst ausarbeitete; eine Arbeit, von welcher er selbst bezeugt, daß er mit grossem Vergnügen und Interesse an dieselbe gegangen sei. Er verbesserte diese Fehler nicht nur in seinem Buche, sondern auch in wirklichen Maschinen, zu deren Umänderung man seine Kenntnisse benuzte, aus Gründen, welche man bis dahin wenig kannte, und zum Teil an deren Stelle falsche Gründe befolgte. Vor ihm hatte **Parent** etwas geleistet, und insonderheit den Mathematikern seiner Zeit neun Aufgaben in diesem Fache vorgelegt, ohne eine gemeinnüzige Theorie der einfachern Aufgaben anzugeben. Weil jedoch **Belidor** früher schrieb, als **Euler** und **Bernoulli** ihre Theorie der Hydrodynamik, so hatte er freilich noch nicht in allem ganz klar gesehen. Der selige **Karsten** ist zwar in seiner Hydraulik viel weiter gegangen, als **Belidor** gehen konnte, und zeihet ihn freilich einzelner Fehler. Aber ich muß gestehen, daß ich insonderheit seinem Widerspruch gegen den Satz, daß die Wassersäule in den Pumpen immer langsamer steige, jemehr sie sich der Höhe nähert,

bis zu welcher die Luft wirken kann, nicht beipflichte. Das Gegenteil liegt in der Natur der Sache. Das lezte Wasser kann unmöglich so schnell steigen, wenn die Kraft der Luft beinahe schon erschöpft ist, als das erste. Hier werden noch Erfahrungen nötig werden, die von mehrerer Bedeutung sind, als die von ihm beschriebene, welche mit derjenigen überein kömmt, die ich §. 27 der Hydrost. anwandte, aber bloß um einen der ersten Grundsätze der Hydrostatik unter einer anschaulichen Darstellung zu erläutern. Er nahm nemlich eine Glasröhre nur 3 Fuß lang, und an beiden Enden offen, hielt die Luft durch den aufgelegten Finger darin beschlossen, stieß sie in ein Gefäß mit Wasser, und als er nun den Finger abzog, stieg das Wasser etwas höher in der Röhre, als es in dem Behälter stand, fiel wieder zurück, stieg wieder, und kam nach einigen Schwankungen zur Ruhe. Er schloß also daraus, daß die Bewegnng des durch den Druck der Luft in die Röhre steigenden Wassers, anstatt träger zu werden, beschleunigt werde. Aber es ist zu viel aus einer Bewegung geschlossen, welche die Luft mit einer überwiegenden Kraft nur auf 3 Fuß hoch bewirkt, daß eben diese Bewegung nicht fortdauernd abnehme, wenn das Wasser sich der Höhe von 31 Fuß nähert, und der dasselbe empor drükkenden Luft immer mächtiger entgegen wirkt. Der Druck der Luft ist aber schon vor dem Anfang ihrer Wirkung so groß, daß, wenn nicht Luft in der Röhre und diese lang genug wäre, sie das Wasser zehnmal höher als 3 Fuß treiben würde. Dadurch wird die erste

Be=

Bewegung des Wassers so lebhaft, und man kann mit Grunde annehmen, daß die in der Röhre verschlossene Luft wie mit einem Stosse so schnell hinaus getrieben wird, daß für einen Augenblik nicht so viel in der Röhre bleibt, als znm Gleichgewicht mit dem Druck der äussern Luft nötig ist. Das Wasser steigt also über die Grenzen hinaus, bis zu welchen die Kraft wirkt, wenn gleich diese Kraft schon während dieser Wirkung abnimmt. Das seiner Schweere entgegen so viel höher getriebene, nun aber durch nichts mehr gehaltene Wasser fällt zurück, und ein Schwanken erfolgt so, wie es in allen ähnlichen Fällen erfolgt.

Es scheint mir beinahe, als wenn der sel. **Karsten** sich durch den Gedanken habe täuschen lassen, daß eine stufenweise abnehmende Kraft nicht einen andern Körper in eine Bewegung setzen könne, die weiter als das Ziel geht, bei welchem sie selbst aufhört. Das ist aber ganz anders in der Natur. Die Kräfte elastischer Körper, dergleichen eine auch die Luft ist, nehmen in ihrer Wirkung fortdauernd ab. Aber bis zu welch einer Weite kann nicht eine starkgespannte Feder einen Körper von sich fortschnellen! Das wußte Herr **Karsten** selbst viel zu gut, aber hier war ihm der Gedanke daran vielleicht nicht gegenwärtig.

Man bringe eine bis zur vollen Höhe gefüllte Barometerröhre unter die Luftpumpe. Wenn das Quecksilber

durch Auspumpen der Luft gänzlich herabgesunken ist, so öfne man den Hahn so, daß die Luft so langsam, als möglich, eintrete, und beachte das Steigen des Queckfilbers. Man wird finden, daß es zu Anfange merklich schneller aber immer langsamer steigt, wenn es sich der völligen Höhe von 28 Zoll nähert, aber auch, wenn es diese erreicht hat, noch über die Grenze steigt, bei welcher es zulezt nach einigem Schwanken sich in Stillstand sezt. Man wiederhole den Versuch so, daß man, indem das Queckfilber steigt, den Hahn mehreremal abschließt, um das Steigen zu hemmen, wenn es ungefähr 10, 18 und 24 Zoll gestiegen ist. Man wird bemerken, daß es weit höher zu unterst, als weiter oben sich über die Grenze hinaus hebt, bei welcher es zum Stillstande kömmt. Das ist nun aber eben die Kraft, und eben die Wirkung, mit welcher das Wasser in den Pumpenröhren zum Steigen genötigt wird.

Ich glaube selbst, daß, wenn in einer Saugröhre das Wasser bis zur vollen Höhe von 31 Fuß steigt, die Bewegung desselben immer schneller fortgehe, als der Grad des abnehmenden Druks der Luft für jeden Augenblik es bestimmen würde. Ich glaube auch, daß, wenn der höchste Punkt erreicht ist, die bis dahin von dem Wasser erlangte Geschwindigkeit eben so gut, wie in der kurzen Röhre von 3 Fuß, das Wasser noch um ein weniges höher als 31 Fuß heben werde. Aber, wenn es den ganzen Weg mit abnehmender Geschwindigkeit, wenn gleich nicht

ganz

ganz im Verhältniß der Abnahme der Kraft macht, so besorge ich, daß nicht alles so genau mit denen Berechnungen und denen Formeln zutreffen könne, in welchen dieser grosse Mathematiker alle erdenkliche einigermassen nüzliche Aufgaben von den Pumpen aufgelöset und alle seine Vorgänger darin weit hinter sich zurükgelassen hat. Denn Hr. Hofraht Kästner hat in seiner Hydrodynamik sich nicht so setzr auf die Theorie so vieler Wassermaschinen eingelassen. In der Taht ist in der Karstenschen Hydraulik ein Vorraht von Materialien zu einer vollkommen gründlichen practischen Hydraulik, und es ist zu wünschen, daß ein der Sache gewachsener Mann aus derselben die Resultate nach wiederholten Prüfungen deutlich, so, wie der Praktiker sie braucht, darstelle, und jedes mit mehr als Einem Exempel erläutere, welches von dem seligen Verfasser zwar zuweilen, aber nicht oft und vollständig genug geschehen ist. Daß ich dies nicht in diesem Buche leiste, wird mir niemand verargen, der die Absicht meines Vortrages billig beurteilt, bei welcher ich schon besorge, der Hydraulik einen zu grossen Plaz eingeräumt zu haben.

§. 70.

Das Wesentliche in der Einrichtung der Druckpumpen besteht in folgendem: In einer weitern Röhre, Fig. 17. als die nachher zu erwähnenden sind, bewegt sich ein durchaus solider Kolben C ohne Ventil in dem Raum A D auf und nieder. Auf dem Boden dieser Röhre oder bei

der

der Oefnung einer darunter angebrachten tiefer herabgehenden Saugröhre ist ein Ventil E angebracht. Seitwärts ab gibt eine kurze horizontale Röhre den Weg in die communicirende aufwärtsgehende Röhre von unbestimmter Länge F G, an welcher zu unterst auch ein Ventil in F sich befindet. Wenn nun der Kolben sich hinauf bis A etwan 4 Fuß hoch bewegt, so folgt das Wasser durch das Ventil E demselben nach, und füllet nicht nur die weite, sondern auch die kurze horizontale Röhre. Denn das Ventil in F erlaubt der von oben herabdrükkenden Luft oder dem Wasser nicht den Eingang. Wenn jezt die Kolbe sich wieder herunter bewegt, so schließt sich das Ventil in E, und nun ist dem Wasser der einzige Ausweg in die steigende Röhre durch das Ventil F erlaubt.

Wäre diese steigende Röhre eines gleichen Durchmessers mit dem Stiefel, so ist es klar, daß ein Wassercylinder in dieselbe treten müsse, der dem in dem Stiefel aus seiner Stelle getriebenen in der Höhe, wie im Durchmesser, gleich ist. Aber eben so klar ist es auch, daß, wenn es nur darauf ankäme, das Wasser so hoch aufwärts zu bewegen, als die Drukkolbe sich herunter bewegt, welches nur auf wenige Fusse den Umständen nach Statt haben kann, so manches andere einfachere Werkzeug dies eben so gut, ja besser leisten würde. Schöpfräder oder Wasserschrauben, ja selbst die gemeine Saugpumpe, werden auf eine so geringe Höhe anwendbarer und minder kostbar sein. So aber ist die Absicht, in welcher die meisten

Druk-

Drukwerke angelegt werden, dieses, daß man durch dieselben das Wasser zu grössern Höhen treiben will, als bis zu welchen jene Werkzeuge es treiben können. Man ist mit jenen Maschinen immer verlegen, sobald man über 40 Fuß das Wasser herauf holen will. Wenn aber in dem Stiefel eines solchen Drukwerks, das Wasser einmal eingetreten ist, so kömmt es blos darauf an, daß man den Drukkolben mit einer Kraft herabtreibe, die zu jeder begehrten Höhe hinauf das Wasser pressen könne. Wenn denn auch gleich dies nicht ins Unendliche gehen kann, so sind doch die Grenzen nicht bestimmbar, bei welchen die Unmöglichkeit sich äussert, zu einer solchen Kraft Raht zu schaffen. Angenommen also, die aufgegebene Höhe sei 100 Fuß und in einer andern 200 Fuß, so wird zwar bei 200 Fuß Höhe schon viel zu überlegen sein, aber niemand kann doch sagen, es falle unmöglich zu einer Kraft Raht zu schaffen, die das Wasser auf 200 Fuß treibt. Der Mechanik ist eine solche Aufgabe bei weiten noch nicht zu schweer. Ob rahtsam, ob nicht zu kostbar in Absicht auf den Zwek, den man dadurch erlangen will, das sind Ueberlegungen einer andern Art.

Um nun durch eine auf wenig Fuß beschränkte Bewegung das Wasser auf eine grössere Höhe steigen zu machen, ist freilich das beste Mittel dieses: Man gibt der Steigröhre einen so viel engern Diameter, als der des Pumpenstiefels ist. Lezterer habe z. B. 8 Zoll und jene 2 Zoll im Durchmesser, so ist das Verhältnis der Durch-

schnitts-

schnittsflächen wie 16 zu 1. Aber nun wird auch die Höhe der gleichen Wassermasse, welche durch den Druk des Kolben zum Steigen gebracht werden soll, 16mal grösser, und wann sich der Kolben 3 Fuß herabbewegt, so steigt es in der Röhre schon 48 Fuß. Hier trift also der Fall völlig ein, auf welchen ich §. 33. der Hydrostatik bereits hinausgewiesen habe: das steigende Wasser drükt dem Kolben mit einer Kraft entgegen, welche aus dem Verhältnis des Durchmessers des Kolben und derjenigen Höhe zu schätzen ist, bis zu welcher das Wasser von der untern Fläche des Kolben ab zu steigen genötigt wird. Dem zu Folge würde es für die Kraft, welche den Kolben treibt, einerlei sein, ob die Steigröhre ganz denselben Diameter hat, welchen der Kolben hat. Man nehme z. B. an, die Steigröhre halte so gut, wie der Kolben, 8 Zoll im Durchschnitt, so ist deren Fläche wenig mehr als 50 Quadratzoll. Ein Wassercylinder von 3 Fuß hoch auf dieser Fläche beträgt also etwas mehr als Einen Cubicfuß. Auf 48 Fuß Höhe, bis zu welcher mit jedem Stoß des Kolben das Wasser in der Steigröhre F G steigt, würde es, wenn die Röhre 8 Zoll, wie der Stiefel, hielte, zwischen 16 und 17 Cubicfuß betragen. Jezt ist es nicht mehr, als der Eine Kubicfuß, welcher dem Druck des Kolben auswich und in die Röhre trat. Aber er widersteht zulezt mit eben dem Gewicht von 16 Cubicfuß, und, wenn die Röhre unter dem Ventil F in der Höhe 48 Fuß 1 Cubicfuß Wasser hält, so sezt dieser jedem Stosse des Kolben den angegebenen grossen Widerstand entgegen.

§. 71.

§. 71.

Ich habe bereits oben §. 62. erwähnt, daß es wenig Drukwerke gebe, die nicht mit einem Saugwerke verbunden sein, daß aber Hamburg eine Wasserkunst dieser Art habe. Ich will mit deren Beschreibung den Anfang machen, da ich jezt von den Drukwerken zu reden habe, teils, weil ich glaube, daß dies bisher nirgends beschriebene Werk wenig seines gleichen habe, teils weil ich so von der einfachsten Darstellung den Anfang machen kann. Die Einrichtung ist folgende: durch vier halbe Getriebe, wie ich sie §. 56. und Fig. 94. der Mechanik beschrieben habe, werden vier gezahnte Stangen in so vielen Stiefeln bewegt, welche nur 5 Fuß hoch und 7 Zoll weit sind, und ganz unter der Fläche des Wasserbehälters A stehen, aus welchem sie schöpfen. Fig. 18. stellt Eine dieser Pumpstangen B C dar. An das Holz jener gezahnten Stange wird zu unterst eine eiserne Stange und an dieser eine dikke in dem grössern Teil ihrer Fläche durchlöcherte Platte befestigt. Diese Platte decken unten drei oder mehrere nur in der Mitte aufgeschrobene Scheiben von dem dicksten Büffel-Leder. Der Hub jeder Kolbe ist 3 F. 9 Zoll. Bei diesem Hube drükt das Wasser blos durch seine Schweere durch die Löcher des Kolben hindurch, und treibt das Leder so weit aus seinem Wege, daß der Stiefel sich zuverlässig jedesmal unter dem Kolben füllt. Wann dann derselbe wieder herabgetrieben wird, so legt sich das Leder wieder vor dem Kolben, und das Wasser wird in die Steigröhren hinein

durch

durch die kurze, gekrümmte Communicationsröhre, die man eine Gurgel nennt, durch ein Ventil D fortgedrükt, welches sich dem fortgedrukten Wasser öfnet, aber, sobald der Kolben sich wieder hebt, dem aus der Steigröhre zurüksinkenden Wasser den Weg verschließt. Die Figur stellt blos diesen Kolben mit der Stange vor, welche siemitder gezahnten hölzernen Stange in Verbindung sezt.

Einfacher als dieses Drukwerk kann fast keines angegeben werden. Es ist klar, daß, wenn der Stiefel sich fortdauernd bei jedem Hube des Kolben durch dessen Löcher füllt, woran es niemals fehlt, und das Leder dicht genug sich vorlegt, welches ebenfalls zuverlässig geschieht, dann aber auch scharf genug an die Wände des Stiefels sich anschließt, alles auf die Grösse der Kraft ankomme, mit welcher der Kolben niederwärts getrieben wird, damit das starke Reiben den Druk der beim niedrigsten Stande des Kolben 78 Fuß hohen Wassersäule in der Steigröhre überwinde. Wirklich gibt diese Wasserkunst in jeder Stunde, in welcher sie während der Ebbezeit im Gange erhalten werden kann, 1584 Cubicfuß Wasser. Ein grosser Vorteil bei Kolben dieser Art ist, daß sie sich wenig abnutzen und die Reparatur sehr leicht ist. Nur etwan von sechs zu sechs Monaten wird neues Leder, fünf Scheiben zu jedem Kolben, erfodert. In der 19ten Figur ist dieser Kolben allein vergrössert dargestellt.

Eben ein solcher Kolben aber, wird, wenn die ledernen Scheiben über dem Metall angebracht werden, zum Ventil einer Saugpumpe. Denn wenn der Kolben niedergeht, und auf Wasser unter sich trift, welches durch ein Ventil gehindert wird niederzusinken, so preßt es sich durch die Löcher des Kolben neben den aufwärts sich biegenden Ledern weg, und bleibt darüber befangen, wenn der Kolben wieder in die Höhe gezogen wird, da sich die Leder auf das Metall anpressen und durch ihren Anschluß an die innere Wand des Stiefels die Luft abhalten. Herr **Delius** gibt in seiner **Anleitung zur Bergbaukunde** keine andere Kolben, als diese, in den Niederhungarischen Bergwerken an.

§. 72.

Eine dritte Art von Drukwerken ist dasjenige, in welchem man die Luft ein zweites mal ins Spiel bringt, um vermittelst ihrer Elasticität das sie in Folge des Druks der Maschine beklemmende Wasser fortzupressen. Das Hauptwerk bei einer solchen Maschine kömmt darauf an: Eine Saugröhre hat über sich einen Stiefel, in welchem ein Kolben A ohne Ventil auf und nieder geht. Wenn dieser sich hebt, so tritt das Wasser durch das Ventil B in den Stiefel. Indem er niedergedrükt wird, preßt er das Wasser in die Seitenröhre oder Gurgel und durch das Ventil C in den oben beschlossenen Cylinder D, durch dessen Dekke eine oberhalb sich verengende Röhre E F fast bis auf dessen Boden herabtritt. Das in den Cylinder gepreßte Wasser

tritt auch in die Röhre und hemmt den Austritt der in ihm beschlossenen Luft. Jemehr aber es in den Cylinder steigt, und diese Luft beengt, desto stärker wird deren Federkraft, mit welcher es nun auf die Fläche dieses Wassers preßt, und es gewaltsam nötigt, durch die Röhre E F fortzuspringen.

Der Vorteil bei einem solchen Drukwerke ist, daß, indem der Druk des aufwärts bewegten Pumpenkolben nachläßt, die Kraft der Luft zu wirken fortfährt und ein fortdauernder Sprung des Wassers bewirkt wird. Von dem grossen Nutzen, den dies bei den Feuersprüzen hat, werde ich jezt gleich reden.

§. 73.

Ich darf aber nicht derjenigen Feuersprüzen unerwähnt und sie nicht ganz unbeschrieben lassen, deren Hauptwerk ein blosses Saug- und Drukwerk ohne ein zweites Einwirken der Luft ist. Lange hat man in den Feuer-Anstalten grosser wie kleiner Städte keine andre im Gebrauch gehabt. Belidor beschreibt nur diese als in Frankreich gebräuchlich. In England sind sie wenigstens biß 1760 allein im Gebrauch gewesen. Denn damals erwähnte **Ferguson** der Newshamischen Sprüze, als einer noch neuen Erfindung, von welcher ich in der Anmerkung zu §. 77. mehr sagen werde.

Der

Der innere Bau dieser Sprüzen, Fig. 20. ist so bewandt: In zwei metallenen Stiefeln, die ihren festen Stand in einem auf Rädern oder einer Schleife beweglichen Wasserbehälter haben, bewegen sich zwei Kolben F F. ohne Ventile auf und nieder. Das Werkzeug ihrer Bewegung ist ein eiserner, um seine Mitte beweglicher Hebel oder Wagbalken, von welchem ich hier weiter nichts sagen will. Die Stiefel haben unten jeder sein Ventil I, K, durch welches das Wasser bei jedem Hube der Kolben eintritt. Von jedem Stiefel geht eine schräge Röhre oder Gurgel seitwärts in die Höhe, und diese sind mit den Ventilen G, H versehen. Beide Gurgeln vereinigen sich in Eine Röhre, über welcher das Brandrohr angebracht ist, welches zwei Gewinde in C, C hat, um nach jeder Stelle des Brandes von einem oben auf den Kasten der Sprüze gestellten Arbeiter gerichtet werden zu können.

Man sieht leicht, daß in solchen Sprüzen jeder Druk das Wasser zu der verengten Oefnung des Brandrohrs gewaltsam hinaustreibt, und zwar mit desto grösserer Geschwindigkeit, je grösser die Durchschnittsfläche des Stiefels gegen diese Oefnung ist; daß aber auch bei jedem Wechsel in der Bewegung der Kolben ein Stillstand entstehe, in welchem die Sprüze kein Wasser auf das Feuer wirft. Weil hier alles stoßweise geschieht, so nennt man sie eine Stoßsprüze, und in einer andern Absicht Giebelsprüze. Denn, weil die Maschine selbst nicht in ein

bren-

brennendes Haus gebracht werden kann, das Brandrohr aber an derselben fest ist, so kann man nur das Feuer abreichen, welches den Giebel eines Hauses ergriffen hat, oder dasjenige, zu welchem die Thüren und Fenster des brennenden Giebels den Weg öfnen. Eben deswegen aber werden die Arbeiter, aus Furcht vor dem Einsturz, sich um so viel ferner von dem brennenden Hause halten müssen, je höher der Giebel ist; und wirklich sind schwere Unfälle bei der Anwendung dieser Sprüzen nicht selten. Eine wichtige Veränderung dieser Sprüzen ist daher diejenige, welche **Karsten** (§. 446. s. Hydraulik) beschreibt, da man statt der metallenen kurzen Steigröhre einen ledernen Schlauch oder sogenannte Schlange, und an deren Ende das Brandrohr anbringt, mit welchem einer der Arbeiter, den man den Rohrführer nennt, sich dem Brande mit weniger Gefahr nähern kann. Man hat jedoch an diese Verbesserung nie gedacht, als seitdem die bessere Art von Feuersprüzen erfunden sind, die ich jezt im Wesentlichen beschreiben werde.

§. 74.

In dieser geht das Saugen des Wassers in die Stiefel und das Forttreiben derselben auf eben die Art, wie in jenen, vor. Die Gurgeln aber N, M. (Fig. 22.) vereinigen sich nicht in Einer Steigröhre, sondern öfnen sich in einem bedeckten kupfernen Cylinder Q. oder Gefäß von jeder andern Figur, das man den Windkessel oder

Wind-

Windbalg nennt. Die in diesem beschlossene Luft wird durch das dahingepreßte Wasser gewaltsam beengt, und druckt eben so gewaltsam auf dasselbe. Nun ist zu unterst an diesem Windbalge eine Oefnung L angebracht, an welchem ein lederner Schlauch so vest und so dicht, als möglich, angeschroben wird, dem man eine Länge von mehr als 100 Fuß geben, auch ihn aus mehrern an einander zu schraubenden Teilen zusammensetzen kann. Dieser Schlauch kann auch von starkem äusserst fest gewebten Segeltuch gemacht werden. Man sieht leicht aus der §. 72. gegebenen Beschreibung ein, daß die Luft, indem sie sich gewaltsam ausdehnt, das Wasser in diese Oefnung, und folgends durch den Schlauch in eine nicht genau bestimmbare Weite und auch Höhe wegpresse, und daß deren Kraft um so viel mehr vermöge, durch je schnelleres Auf- und Niederbewegen der Kolben in den beiden Stiefeln das Wasser mehr und schneller hineingepreßt wird, und die Luft beengt. Zwar ist auch hier bei jedem Wechsel der Bewegung ein Zwischenraum der Zeit, in welcher kein neues Wasser in den Windbalg tritt. Weil aber der Luft nicht Zeit gelassen wird, sich so weit auszudehnen, daß sie ihrem natürlichen Zustande merklich näher käme, so bemerkt man auch nicht in diesem Zwischenraum, wenigstens nicht bei schneller Bearbeitung der Spritzen, eine Veränderung in ihrer Wirkung auf das durch das Brandrohr von ihr hervorgetriebene Wasser,

Die

Die Erfindung dieser Sprüzen fällt um das Jahr 1670; wenigstens war sie in dem Jahr 1673 in Holland so vollendet, daß man die erste dieser Art in Amsterdam bei Brandvorfällen brauchte. Von deren alle Erwartung übertreffendem Erfolg zeugt ein meines Wissens nicht sehr seltenes Buch, das aber dem sel. **Karsten** nicht bekannt geworden sein mag: Beschryving der nieuwlyks uitgevonden en geoctroyerden Slang-Brand-Spuiten, door derzelven Inventeur Jan van der Heide en Jan van der Heide de Jonge, Generale Brandmeesters der Stad Amsterdam. Amst. 1690. fol. Dies Buch giebt keine Beschreibung von dem Innern der Sprütze, stellt aber in 5 Kupfern fürchterliche Brände, insonderheit den von dem Amsterdamischen Stadthause im Jahr 1652 vor, bei welchen die alten Sprützen wenig oder nichts ausrichteten. Dreizehn andere Kupfer bilden Brände ab, welche unter den gefährlichsten Umständen entstanden, aber durch die neuen Sprützen bald und glücklich gelöscht wurden. Bei einem, der drei Seilerbahnen im Jahr 1680 ergriffen hatte, verzweifelte man noch so sehr an deren Wirkung, daß man einen Teil der Gebände einriß, um den Fortgang des Brandes zu hindern: allein Eine Sprüze neuer Art löschte denselben noch 70 Fuß diesseits der eingerissenen Stelle.

§. 75.

Um der Unvollkommenheit der alten Sprüzen abzuhelfen, da man den Kasten derselben beständig füllen muß,

gesellt

gesellt man denselben einen sogenannten Zubringer bei. Dieser ist ein auf Rädern gestellter Kasten, welcher eine Saug- und eine Drukpumpe, jede von einander abgesondert, enthält. Der Stiefel der Saugpumpe steht in Verbindung mit einer ledernen Röhre, die weiter als jene Schlange ist, und welcher man eine solche Länge giebt, indem man sie aus mehrern Stükken zusammenschraubt, daß sie den nächsten Canal oder Brunnen, oder, wenn sonst ein Wasserbehälter da ist, erreichen kann. Ihr Ende ist mit einem Korbe von Eisendrahr versehen, daß keine grobe Unreinigkeit mit einfliessen kann. Diese Röhre muß durch inwendig angebrachte metallene etwas breite Ringe gesteifet werden, weil sonst bei dem ersten Zuge der Saugpumpe die Luft sie platt drücken und kein Wasser zulassen würde. Die Drukpumpe wird durch andre Mannschaft bewegt, und preßt durch einen ledernen Schlauch der Sprütze selbst das ihr nötige Wasser in reichlichem Maasse zu. Freilich wird, wer den innern Bau der Sprüze selbst eingesehen hat, auch leicht einsehen, daß ein einziger Stiefel mit dessen Kolben in dem Zubringer als Saug- und als Drukwerk eben so wol, wie in der Sprüze, dienen könne, wenn die Ventile darnach eingerichtet werden; und in der Neubertschen Sprüze, wovon ich bald mehr sagen werde, dient sogar die Sprüze sich selbst als Zubringer. Aber zwei Ursachen veranlussen, daß man die Druck- und Saugpumpe besonders anbringt. Die erste ist, weil man sicher sein muß, vollkommen so viel Wasser, und also lieber mehr, durch die Saugpumpe

herbeizuholen, als was die Drukpumpe in die Sprize fortpressen kann. Also muß der Stiefel der Saugpumpe weiter sein, als der der Drukpumpe. Die zweite ist, weil man bei starker Bearbeitung des Zubringers nicht sicher sein kann, daß nicht etwas, insonderheit an den Ventilen, in Unordnung komme, und es leichter ist, jede besonders, als Ein Werk, das beide Zwekke erfüllt, in der Geschwindigkeit wieder in Stand zu sezen. Wenigsteus wird dieß gewöhnlich als der Grund dazu angegeben, und auch von **Karsten** als gültig angenommen, wiewol bei einer guten Fabrikation eine jede Maschine sich um so viel besser im Stande erhält, und zuverlässiger im Gebrauch ist, je weniger sie Stücke hat. Eine Sprize habe deren mehr oder weniger, so muß man durch fleissiges Nachsehen und Probiren derselben ausser dem Fall der Noht sich sicher stellen, daß sie in diesem Falle selbst nicht ins Stecken gerahten werde.

§. 76.

Im Jahr 1768 veranlaßte die Hamburgische Gesellschaft zur Aufmunterung der Künste und nüzlichen Gewerbe durch eine Prämie von 100 Dukaten die Verfertigung einer grossen Brandsprüze durch den Mechanikus **Neubert**, welche insonderheit den Vorzug hatte, daß sie sich selbst als Zubringer diente, und das Wasser bei jedem Hube der Kolbe an sich sog. Man sieht leicht ein, daß hiezu nichts mehr gehöre, als daß man hinter denen Ventilen,

tilen, durch welche das Wasser aus dem Kasten der Spritze in die Stiefel tritt, eine Verbindung mit einer Röhre oder einem Behälter bewirke, in welchen keine Luft, wol aber Wasser vermittelst einer ins nahe Wasser zu leitenden Saugröhre eintreten kann. Wenn dann dieses nicht tief unterhalb der Sprütze liegt, so ist bei jedem Hube des einen oder des andern Kolben diese Wirkung untrüglich, und die größte Sprütze dieser Art erfodert weniger Mannschaft, als sonst eine Sprütze und ein Zubringer zusammen. Ich habe die Vollendung einer von **Neubert** bei seiner Entfernung aus Hamburg unvollendet hinterlassenen grossen Sprütze dieser Art nach der Zeit für die Stadt Harburg besorgt, wo sie in zwei bedenklichen Feuersbrünsten vortrefliche Dienste geleistet hat. Aber dieser Ort liegt flach, und hat rundum Gewässer, deren Oberfläche höchstens 10 Fuß tiefer als das Pflaster der Stadt sein mag. Aber in Städten, die ganz oder zum Teil hoch über ihre Gewässer erhaben liegen, müssen die Saugsprützen notwendig Einen, ja im Notfall mehrere Zubringer zu Hülfe haben. Dies erinnert mich an einen Brand in Hamburg, der nur aus dem Wasser des etliche und vierzig Fuß tiefer liegenden Stadtgrabens gelöscht werden konnte, und so lange wütete, bis man mit schwerer Mühe einen Zubringer längst der schrägen Böschung des Walls hinab bis auf dessen Berme gebracht hatte, wo er dem Wasser nahe genug war, um es herauf zu bringen. Man hätte jedoch besser getahn, und wäre schneller zum Löschen gelangt, wenn man mehrere Zubringer mit ihren

Schlangen hinter einander gestellt hätte, um das Wasser aus dem etwa 2000 Fuß entfernten Alsterwasser zu schöpfen, welches in gleichem Wasserpasse mit jenem Stadtgraben steht.

§. 76.

Als die Neubertsche Sprüze durch Veranlassung unsrer Gesellschaft fertig geworden, und von deren guten Ausfall öffentliche Nachricht gegeben war, spizten sich die Federn sehr vieler mit diesen Werkzeugen beschäftigter Personen, um die Vorzüge der von ihnen verfertigten oder unter ihrer Aufsicht stehenden Sprüzen zu behaupten. Man kann davon vieles in **Karstens** Hydraul. im 39sten Abschn. nachlesen, in welchem er selbst den mit einem Windbalge versehenen Sprüzen sich nicht allerdings günstig erklärt, und an den Stoßsprüzen wenigstens den Vorzug behauptet, daß sie weiter als jene sprüzten. Als ihm aber nachher durch die Preisaufgabe der Kopenhagenet Societät der Wissenschaften eine Veranlassung entstand, die oben §. 42. erwähnte Preisabhandlung zu schreiben, zu welcher ihn auch spätere Erfahrungen besser in Stand gesezt hatten, so nahm er diese Behauptung zurük, weil in der Stoßsprüze jeder verneuerte Stoß des Kolben dem Wasserstral eine anfangende Geschwindigkeit geben müsse, die noch nicht zu demjenigen Grade anwachsen könne, welchen sie der angewandten Kraft gemäß gewinnen würde, da diese schon zu wirken aufhöre.

Das

Das ist nun zwar völlig wahr und richtig. Aber er erklärt nicht, warum bei der Voraussetzung, daß die Stoß- und die Saugspritze eine gleiche Masse Wasser aufs Feuer werfen, die Löschung so viel leichter und geschwinder bei lezterer erfolge. Ich werde angeben dürfen, wie ich mir dieses erkläre. Ich glaube nicht, daß das Wasser so sehr ein Feind des Feuers sei, wie man glaubt. Ein starkes Feuer wird mit dem Einsprüzen wenigen Wassers lebhafter brennen, wenn es dasselbe schnell in Dünste aufgelöst hat. Von den Steinkohlen weiß jedermann, daß eingesprüztes Wasser ein Mittel zur Verstärkung ihres Feuers ist. Ich bin der Meinung nahe, daß das Wasser unmittelbar nichts zum Löschen des Feuers beitrage, sondern dadurch, daß es die Luft von dem Feuer entfernt, ohne welche kein Brand fortdauern kann. Dies thut es aber nicht durch sich selbst; sondern die Dünste, in welche das Feuer das Wasser auflöst, verjagen die Luft aus jedem Ort, wo sie sich befinden. Wenn nun eine zureichende Masse Wasser auf das Feuer gegossen oder gesprüzt wird, und zwar so anhaltend, daß für eine Weile immer neue Dünste hervorgebracht werden und das Feuer umgeben, so kann nur dann dem Feuer die Luft lange genug entzogen werden, daß es in diesem Zustande verlöscht.

Die stärkste Ueberzeugung aber gibt die Erfahrung. Die van der Heyde geben S. 18. und 42. ihres angeführten Buches eine Rechnung an, nach welcher in den

lezten Jahren, da Amsterdam noch seine alten Stoßsprüzen und Löschungsgeräthschaft hatte, es durch zehn Brände 1024130 Gulden, und in fünf folgenden Jahren durch vierzig Brände nur 18355 Gulden verlor. Hamburg scheint zuerst im Anfang dieses Jahrhunderts diese Sprüzen angeschaft und allmählich sie so vermehrt zu haben, daß es vom Jahr 1730 dieselben allein anwandte, und seit dieser Zeit seine Löschungsanstalten zu der weltkundigen Vollkommenheit bringen konnte, welche aus der im Jahr 1760 gedrukten Sammlung der dahin zielenden Verordnungen umständlich eingesehen werden kann.

In der That ist es zu verwundern, daß bei dem allgemeinen Bedürfnis guter Feuersprüzen diese Art ausser Holland und einem Teile Deutschlands noch so wenig bekannt und im Gebrauch ist. Vor funfzig Jahren, als **Belidor** schrieb, kannte man in Frankreich keine, als die alten Stoßsprüzen. **Belidor** beschreibt die bessere Art als eine Holländische Erfindung, aber ohne auf deren Vorzüge aufmerksam zu sein, oder die Leser es zu machen. Die Engländer kennen sie, wie ich mit Grunde annehmen darf, noch nicht. Sie haben Sprüzen mit Windbälgen, als deren Erfinder **Ferguson** und **Martin** einen **Newsham** nennen. Aber dieser Newsham hätte besser getahn, nicht zu erfinden, sondern über das schon besser erfundne in Holland oder bei uns sich zu unterrichten. Seine Sprüze, deren Abbildung man auf der 22sten Kupfertafel der deutschen Uebersetzung von Martins Philosophia Britannica

nica nachsehen, und Martins sehr unzulängliche Theorie darüber in weitläuftigen Noten dazu lesen kann, sprüzt das Wasser aus dem an den Körper der Sprüze stestsizenden, aber vermittelst einer metallenen Kugel oder Nuß nach allen Seiten wendbaren Brandrohre, wie Martin im Text sagt, mit grosser Geschwindigkeit, aber nur in einem sehr dünnen Strahl sehr hoch und weit; wie aber die Note sagt, nur zu einer Höhe von 32 oder 33 Fuß. Was Wunder also, daß die Brände in England noch immer so gefährlich sind, und sich mit so unvollkommenen Maschinen nicht wollen überwältigen lassen?

Anmerkung.

Ich kann mir nicht verbieten, im Allgemeinen über die Lehr- und Lesebücher der Britten in dem Fache der Physico-Mechanik anzumerken, daß sie überhaupt der Ehre nicht werth sind, welche wir Deutschen ihnen durch schnelles Uebersezen, fleissiges Lesen und öfteres Citiren antuhn. Sie sind teils übel geordnet, sowol in Ansehung der Materie als der Stellung der Sachen, die sie, wie **Martin** und **Desagulieres**, in Text und Noten zu sehr von einander trennen. Teils sind sie beides unvollständig und übervollständig. Man vermißt vieles, was man sucht, und findet so manches, was man nicht verlangt. Dann aber ist ihnen so manches unbekannt, was wir auf dieser Seite des Meeres längst wissen.

Was

Was bei ihnen erfunden ist, kennen nicht alle Verfasser, oder erheben es aus Unkunde des bessern gar zu sehr. In ihren Theorien sind sie weit hinter unsern Lehrern **Kästner** und **Karsten**, **Segner** und **Euler** zurück. Selbst an **Belidors** gewöhnliche Gründlichkeit reichen sie nicht. Mit **s'Gravesande** und **Musschenbroek** halten sie keineswegs die Vergleichung in Ansehung der Ordnung und Gründlichkeit aus. Aber um die Deutschen von so unzulänglichen Lehrern abzuziehen, wäre denn doch noch eine deutsche Physiko-Mechanik nötig, die in hinlänglicher Vollständigkeit die richtige Theorie mit ausgedehnten praktischen Einsichten und Kenntnis der wichtigsten neuen Erfindungen verbände. Daß ich mein Buch nicht als eine solche, sondern höchstens als eine Vorbereitung zu vollständigern Kenntnissen ins Publikum gebe, darf ich nicht aufs neue hier bezeugen.

Fünfter Abschnitt.

Von zusammengesezten Wasserkünsten.

Zusammengesezte Wasserkünste nenne ich diejenigen, in welchen mehrere einfache Maschinen in Verbindung gesezt werden, um das Wasser in grossen Massen an Einen oder mehrere bestimmte Orte zu bringen. Die Veranlassung solche anzulegen entsteht, wenn die bisher beschriebenen Werkzeuge nicht hinreichen, das Wasser bis zu der erfoderlichen Höhe oder in hinlänglichem Vorrath zu bewegen. Ich nenne also nicht Wasserkunst eine solche Maschine, welche, mit einem einzelnen Schöpfwerke in Verbindung gestellt, durch die auf sie wirkende Kraft dieses in Bewegung sezt: z. B. die in gesenkten Gegenden angewandten Schöpfmühlen, sie mögen ein Wasserrad, eine Wasserschraube oder einzelne Pumpen treiben; auch nicht ein einzelnes wenn gleich grosses Schöpfrad, wie z. B. das Schöpfrad in Bremen.

Der gewöhnlichste Fall, der die Anlegung grosser Wasserkünste notwendig macht, ist dieser: eine Stadt, doch auch zuweilen ein zur Hofhaltung der Fürsten angelegtes

Schloß

Schloß bedarf eines Wasservorrahts, der ihm nicht durch die den Alten bekannten oben §. 47. beschriebenen Wege verschaft werden kann. Es ist keine Quelle an irgend einem höhern Ort, von welcher her man derselben das Wasser durch über- oder unterirdische Leitungen zuführen könnte, oder dieser Vorraht ist zu geringe für alle Bedürfnisse der Einwohner. Der Boden, auf welchem die Stadt liegt, giebt zwar Wasser, wo man etwas tiefe Brunnen gräbt, aus welchen man es dann durch Pumpen ziehen kann. Aber das Wasser ist nicht zum Trinken, oder in jedem Geschäfte bürgerlicher Wirtschaft brauchbar. Es fließt zwar ein Fluß durch die Stadt oder neben ihr hin; aber die Stadt ist zu groß, und die Wege werden zu entfernt für die Wasserholenden, oder deren Lohn würde zu hoch steigen. Hier ist kein anderer Raht, als der: Man muß durch eine Wasserkunst das Wasser auf einen so hohen Ort in einen Behälter bringen, daß es von diesem herab wieder einen Fall gewinne, durch welchen es auch in erhaben liegende Gegenden der Stadt herabsinken, und aus Röhren, die man ihm am Ende der bis dahin gehenden Leitungen in den Weg bringt, hervorspringen könne. Die Kraft, um die Wasserkunst in Bewegung zu setzen, wird von dem Wasser entlehnt, welches man auf ein Rad von grossem Durchmesser wirken läßt, dessen Welle entweder unmittelbar durch an ihr angebrachte Getriebe, oder, wenn es nötig ist, vermittelst eines vorgelegten Werks das Hauptstück in Bewegung sezt. Dieses Hauptstük sind nun Drukwerke,

entwe-

entweder einfache ohne Saugpumpen, oder mit einer Saugpumpe zusammengesezte. Wie diese ihre Wirkung tuhn, und was für Grenzen dieser Wirkung ungefähr sich bei denselben annehmen lassen, davon habe ich in dem zweiten Abschnitt das Nötige gesagt.

§. 80.

Man legt diese Wasserkünste in Gebäuden an, und gibt selbst gerne dem dicht an ihnen angebrachten grossen Kunstrade eine Bedekkung. Zu unterst in diesen Gebäuden muß das Wasser in einen Behälter eintreten können, aus welchem es durch das Drukwerk bis ins oberste Stokwerk getrieben wird, dessen Erhebung über den Grund beträchtlich höher, als die höchste Stelle sein muß, wo das Wasser wieder hervorspringt, und kleinere Behälter zum Verbrauch der Wirtschaften in der Stadt füllen soll. Hier wird dann ein Behälter für dies Wasser angelegt, dessen körperlicher Raum dem Vorraht gemäß sein muß, welchen die Stadt oder der Teil derselben, welcher durch diese Eine Wasserkunst versorgt werden soll, erfodert. Das Ende der Steigröhren tritt über der Oberfläche des Wassers in diesem Behälter hervor. In dessen Boden öffnen sich andere Röhren, durch welche das Wasser natürlich herabfällt, und mit jeder derselben werden gebohrte Röhren von einer behufigen Weite verbunden.

Der

Der Theorie nach muß nun freilich das Wasser bis zu jedem Punkt durch diese Röhren fortgeleitet werden können, der nicht höher als jener Wasserbehälter liegt. Angenommen, der Behälter ist 80 Fuß höher, als der Wasserspiegel des Flusses, aus welchem die Maschine schöpft, so muß noch ein jeder Brunnenkasten in der Stadt aus demselben sich füllen können, wenn die zu dem Ende mit ihm in Verbindung gesezte Steigröhre nicht höher liegt, als daß eine Ausgußröhre an derselben angebracht werden kann, die etwa 1 Zoll niedriger, als jene 80 Fuß über dem Wasserspiegel ist. Aber es ist klar, daß das Wasser zulezt eine ganz unbeträchtliche Geschwindigkeit bei diesem Ausflusse haben würde, und da dasselbe hier nicht in diese, sondern in viele andre weit niedrigere Ausgüsse eintritt, so würde zu jener so sehr hoch gelegenen Röhre gar kein Wasser gelangen. Deswegen benuzt man den durch jenen Fall gewonnenen Druk bei Anlegung der daran Teil habenden Brunnen nur in einer viel geringern Höhe, als die des Wasserbehälters ist. Hamburg hat dieser Wasserkünste drei, die aber nur den niedrigern Gegenden der Stadt das Wasser zuführen. Der höchstgelegene von demselben sich füllende Brunne liegt nur etwa um den dritten Teil so hoch, als die Wasserbehälter der Wasserkünste. Es ist nicht überflüssig anzumerken, daß diese Wasserkünste eine vortrefliche Beihülfe in den Hamburgischen Feuerlöschungs-Anstalten geben. In allen Gassen, unter welchen die hölzernen Leitungen fortlaufen, sind kurze Röhren oder sogenannte Feuerpfosten angebracht,

bracht, welche mit dem Steinpflaster gleich sich endigen, die man geschwind öfnen, und in denselben eine oben gekrümmte Röhre anbringen kann, in welche hinein das Wasser steigt, und sich in jedes zum Löschen der Feuersbrunst untergehaltenes Gefäß ergießt.

§. 80.

Doch können mit solche durch Drukwerke wirkenden Wasserkünsten Eine oder mehrere Leitungen verbunden werden, die unter der Erde fortlaufen, und in welche hinein unmittelbar die Kunst das Wasser preßt, auch es dem Abhange der Gegend entgegen bis zu dem höhern Orte treibt, wohin man es haben will. Bei der berühmten Maschine von Marli wird durch dieses Fortdrükken noch nicht die abgezwekte Höhe gewonnen, sondern das Wasser wird durch die erste Wirkung der Maschine nur bis zu einem Behälter fortgetrieben, der 150 Fuß höher als die die Maschine treibende Seine liegt. Eine mit derselben verbundene Stangenkunst sezt hier ein zweites Drukwerk in Bewegung, welches dasselbe bis zu einem zweiten noch 175 Fuß höher liegenden Behälter treibt, und hie muß ein drittes durch eine zweite Stangenkunst in Bewegung geseztes Drukwerk dasselbe noch 177 Fuß höher bis in die grosse gemauerte Wasserleitung treiben, welche es endlich nach Marli und Versailles führt. Diese Anlage, da das Wasser unmittelbar unten von der Kunst unter dem Erdboden fortgetrieben wird, ist dann auch

die

die gewöhnliche, wenn man einen starken Sprung des Wassers ohne Fall zuwege bringen will. Die grosse Fontaine im Herrenhauser Garten wird, wenn deren Sprung bis auf 100 Fuß getrieben wird, durch vier zugleich von dem Leinefluß in Bewegung gesezte Künste, und, wenn man einen niedrigern Sprung verlangt, durch eine oder zwei derselben dazu gebracht, welche aber alle das Wasser unmittelbar in sehr dikke eiserne Röhren hineinpressen, welche man Anfangs von Blei machte, das aber bei einer Dikke von 1½ Zoll den Druk nicht aushalten konnte, sondern zerbarst. Durch eine ähnliche Kunst, die bei Lichtenwalde, einem Gräfl. Viztuhmischen prachtvollen Gute bei Chemniz, in der Zschopau angelegt ist, und durch diesen Fluß getrieben wird, wird das Wasser zu der ganzen Höhe des Felsberges aufwärts getrieben, auf welchem Haus und Garten liegen, um dort einen Vorraht zu vielen kleinen Fontänen und Wasserspielwerken herzugeben, welcher dann wieder gesammelt, in einer prächtigen Cascade herabfällt.

Sechster Abschnitt.

Von der Anwendung der Hydraulik in den Bergwerken.

§. 81.

In keinem Geschäfte des menschlichen Lebens hat eine so mannigfaltige, so weit gehende, aber auch mit so vielen Schwierigkeiten verknüpfte Anwendung der Hydraulik Statt, als in dem Bergbau. Ich kann mir keineswegs zum Zweck sezen, denselben in seinem ganzen Zusammenhange, wenn gleich nur kurz, zu beschreiben, sondern werde mich blos auf die Erläuterung derer Dienste einschränken, welche ihm die Hydraulik leistet. Die Notwendigkeit derselben entsteht vorzüglich aus dem Hindernisse, welches die in der Erde allenthalben sich anfindende Gewässer, wo man dieselbe in einiger Tiefe ausgräbt, dem Bergbau in den Weg legen. Als in alten Zeiten die Menschen den Erzten unter der Erde nachsuchten, war ihr Bergbau zu Ende, sobald als das Wasser die zur

Auf-

Aufsuchung der Erzte gemachten Gruben anfüllte. Noch jezt wird bei denen Völkern, in welchen die Bergbauwissenschaft noch unvollkommen ist, eine jede Grube verlassen, in welcher das Wasser zu mächtig wird. Aber in der Mitte Europens, in Deutschland, Ungarn und Schweden, auch mehr und mehr in dem entfernten Sibirien, hat diese Wissenschaft so grosse Fortschritte gemacht, und insonderheit die Hydraulik so zu benuzen gelernt, daß dies Hindernis allererst in solchen Tiefen unüberwindlich wird, bis zu welchen unsere Vorfahren sich bei weitem nicht hinabwagten.

§. 82.

Wären die Erzte in keinen andern als steilen Bergen oder Hügeln beschlossen, und senkten sie sich nicht noch tief unter deren Fuß hinab, so würde man den Zugang zu denselben durch einen in fast horizontaler Richtung gegrabenen Gang suchen. Dieser Gang selbst würde leichter zu vollführen sein, als die gewönlich senkrecht, zum Teil aber auch schräge niedergehenden Schächte; und eben derselbe würde, wenn ihm ein mässiger Fall von dem Innern des Berges her bis zu seiner Oefnung gegeben würde, allem in dem Berge sich sammelnden Wasser einen Abfluß geben. Diese Mittel haben die Alten freilich benuzt: aber ihre Kunst war zu Ende, wenn sie sich so viel tiefer eingruben, daß sie nicht mehr durch die einfachen ihnen bekannten Schöpfwerke das Wasser in diesen Abfluß hineinheben konnten.

Noch jezt ist dieses Mittel die erste Hülfe bei jedem Bergbau. Man nennt einen solchen aus dem Innern des Bergbaues fast horizontal geleiteten Gang einen Stollen. Aber die wenigsten, und insonderheit nicht die reichsten Bergwerke finden sich in solchen steilen Bergen, oder sie haben den geringsten Vorraht ihrer Erzte in der über den Horizont hervorragenden Spize. Die Natur sezt die reichhaltigen Erzgänge in den Klüften grosser Felsmassen an, welche mit einer sanften Steile sich über die dazwischen befaßten Tähler in einer Strekke erhöhen, die oft Meilenlang ist. Kaum sucht noch der Bergbauverständige den Erzten in steilern Bergen oder Hügeln nach, weil er zum voraus annimmt, daß seine Mühe verloren sein werde. Wenn nun in einem solchen flach anlaufenden Gebirge den Erzten durch senkrecht gegrabene Schächte nachgesucht wird, so findet sich schon bei einer mässigen Tiefe das Wasser in denselben ein. Ein schon hier gegrabener Stollen würde einen weiten Weg fortgeführt werden müssen, ehe man ihn an dem sanft abhängenden Berge eine Oefnung geben könnte, durch welche das Wasser zum Ausfluß käme. Man entledigt sich also desselben durch Pumpen, so weit man mit diesen ausreichen kann. Man gräbt alsdann tiefer, allenfalls bis zu 30 Lachtern oder Klaftern, ehe es der Mühe und Kosten ganz wehrt wird, einen Stollen zu graben, der zwar alsdann um so weiter geführt werden muß, aber um so viel mehr die Kosten belohnt, da er ohnehin gemacht werden müßte, wenn man auch schon angefangen hätte, höher oben das

Wasser durch einen Stollen abzuleiten. Denn nun führt er das öbere Wasser mit dem untern und aus weit mehreren Gängen ab, als schon höher oben hätte geschehen können. Doch hat man wirklich Erzgebirge, aus welchen mehr als Ein Stollen über einander liegend das Wasser ableitet.

§. 83.

Dann aber läßt sich nicht mehr von diesen Stollen allein Hülfe erwarten, wenn man tiefer zu graben fortfährt, als der niedrigste Punkt an dem Fuß der Höhe ist, die das Bergwerk in sich beschließt. Auch nicht, wenn der Stollen viele Meilen weit geführt werden müßte, um endlich einen niedrigern Punkt für dessen Ausfluß in dem flachen Lande zu suchen, aus welchem die Erzgebirge sich hervorheben. Dann müssen noch bis zu dieser grossen Tiefe hinab die Pumpen wirken; und nun entsteht die grosse Schwierigkeit, diese Pumpen in einer solchen Tiefe in Bewegung zu sezen. Dieser Schwierigkeit muß oben schon das Wasser selbst abhelfen. Auch in mässiger Tiefe belohnt kein Bergwerk, wenn es nicht ein Potosi ist, die Kosten hinlänglich, wenn das Wasser in grosser Menge bloß durch die Kräfte von Menschen und Thieren herausgeschaft werden muß. Wenn ich sagen würde, daß ein grosses Rad durch Wasser getrieben, mit einer in dessen Welle angebrachten Kurbel, eine lange in die Tiefe hinabgehende hölzerne Stange auf- und niederführe, und Pum-

pen

pen unter der Erde bewege, die nahe an jener hölzernen Stange angebracht sind, und daß auf jede Weite von etwa 80 Fuß Tiefe immer andre und andre Pumpen mit eben dieser Stange in Verbindung gesezt, die untern den öbern das Wasser so zuheben, wie ich oben §. 66. erläutert habe, daß dies geschehen könne, so wäre die Hauptsache dadurch erklärt. Unter der Vorausseţung, daß man oben eine hinlängliche Kraft zur Bewegung des Rades sich zu verschaffen wisse, hätte die Tiefe, bis zu welcher man mit diesen Pumpen ausreichen kann, noch keine bestimmbare Grenzen. Man denke sich den Schacht 160 Klafter, oder 960 Fuß tief. Alle 80 Fuß würde eine Pumpe oder sogenannter hoher Saz (§. 66.) angebracht; auf halbem Wege träte ein Stollen an den Schacht, so würde man auf die 480 Fuß 6 hohe Säze nötig haben, deren lezter das Wasser bis in den Stollen höbe. Alsdann müßte auch die Kunst-Stange von dieser öbersten Pumpe ab bis an die Kurbel 480 Fuß lang sein. Aber wie wird sie dazu steif und haltbar genug werden, wenn man sie nicht durch vieles Holz steifen und dadurch ungeheuer schwer machen will? Dies geschieht auch wirklich bei den obersten noch leeren Stangen bis zu beträchtlicher Tiefe herab durch Veranstaltungen, die man aus Büchern vom Bergbau kennen lernen kann. Es läßt sich aber nicht bis auf die äussersten Tiefen damit ausreichen. Derjenige Teil der Stange, an welchem die angenommenen sechs Pumpstangen so vieler hohen Säze angehangen sind, wird dadurch in eben so vielen Punkten

gehalten und gesteifet, daß das Holz sich da so leicht nicht biegen kann. Es muß also noch selbst im Berge Raht geschaft werden, daß eine neue Kraft in Wirkung gesezt werde, welche dies System von Pumpen oder diesen Kunstsaz auf eine Tiefe von 500 und mehr Fussen hinab in Bewegung sezen kann. Diese Hülfe muß in jeder Stelle geschaft werden, wo in einem so grossen Erzgebirge ein Schacht senkrecht unter dem Stollen niedergeht.

§. 84.

Man bringt also in so vielen Stollen, als wo dies notwendig wird, ein grosses Rad, gewöhnlich 30 bis 40 Fuß hoch, an. Der Raum für dasselbe muß durch eine sogenannte Radstube geschaft werden, die in grosser Tiefe unter der Oberfläche mitten im Berge ausgehöhlt wird. Die Kraft zu deren Bewegung muß durch Wasser geschaft werden, welches man zu dem Ende durch Stollen in den Berg hinein leitet, und durch andere tiefer angelegte Stollen wiederum abführt. Oft muß das Wasser Eines Stollen so, wie es Ein solches Kunstwerk getrieben hat, durch einen zweiten Stollen auf ein zweites Kunstrad, und noch wol durch einen dritten auf ein drittes geleitet werden, ehe es durch den niedrigsten wieder zum Abfluß kömmt. Die Kunst übt also hier eben das, was sie sonst übt, wenn sie ein Gewässer, das ein hohes Gefälle hat, zur Treibung mehrerer unter einander angelegten Mühlenwerke anwendet, wiewol mit unsäglich grösserer

Mühe

Mühe und Kosten. Ich will, weil die blosse Einbildungskraft hier nicht mir würde folgen können, eine Vorstellung davon durch eine aus Calvörs Beschreibung des Maschinenwesens und des Bergbaus auf dem Oberharze, Braunschw. 1763, Band 1. Taf. XII. entlehnte Zeichnung (Fig. 23.) geben. Doch kann ich sie wegen Enge des Raums nicht genau nachahmen.

Diese Figur stellt eine Art von Profil eines grossen Bergwerks mit seinen Schächten, Strecken (d. i. horizontalen Gängen, durch welche man den Erzten nachsucht) und Stollen vor. In a ist der durch den Damm b gehaltene Teich, der den zur Betreibung des Bergbaues nötigen Wasserschaz enthält. c ist die Leitung, durch welche dessen Wasser dem Kehrrade d, von welchem ich bald mehr sagen werde, zugeführt wird. Das hier benuzte Wasser wird in e in den Berg hinein geleitet, um ein Kunstrad g zu treiben, welches das Bergwasser in dem Schachte gl bis m zu in den Stollen nimo hebt, der bis o allem Wasser seinen Ausfluß giebt, nicht nur dem Bergwasser, sondern auch dem von aussen in den Berg geleiteten Wasser. Von g fließt das Wasser dem Kunstrade h zu, welches in dem Schacht hp das Bergwasser bis n hebt. Von h fließt es auf das Kunstrad i, welches eben diese Dienste dem tiefern Teil ik des Schachtes fik leistet. Alles Wasser in dem über dem Stollen nimo befindlichen Teile des Bergwerks wird entweder diesem, oder irgend einem noch

höher

höher angelegten Stollen zugeleitet, welcher höher zu Tage aufgeht, und weniger zu bauen kostet, als die tiefern, für die man den Ausgang nicht anders, als am Fuß des Berges suchen kann.

§. 85.

Ob man das zur Betreibung dieser Wasserkünste notwendige Wasser herbeischaffen könne, hängt von der Beschaffenheit der Gegend ab. Es wird nicht möglich, wenn nicht das Erzgebirge noch eine höhere Gegend über sich hat, aus welcher man einen hinlänglichen Wasserschaz sammeln kann, von welchem sich das Wasser nach dem Bedürfnis des Bergbaues zu den Gruben herleiten läßt. Dies geschieht dann wirklich mit grossen Kosten. Man sammelt das Wasser der Quellen und Bäche auf dem obersten Gebirge in gesenkten Gründen, die man mit gewaltigen, sorgfältig gebauten Dämmen, damit sie recht zuverlässig sein, abdammt. Bei der Anlegung dieser Teiche muß die praktische Geometrie der Hydraulik zu Hülfe kommen, um das Gelaß in denselben so groß zu machen, daß der Wasserschaz immer zu dem Aufwande zureiche, welchen die Betreibung der Wasserkünste über und in dem Berge erfodert. Wann dann endlich das Wasser durch den niedrigsten Stollen abgelaufen ist, so bedarf der Bergbau desselben noch zu so vielen andern Maschinen, zu den Pochwerken, zu Treibung der Hämmer, der Gebläse an den Schmelzhütten, u. d. gl. m.

so

so daß nicht leicht ein Cubikfuß Wasser aus einem solchen Erzgebirge herauskömmt, ohne zehn- und mehrmal zur Betreibung eben so vieler Maschinen angewandt zu sein. Schon oben bei der Oefnung des Schachts bedarf man desselben zur Herausholung aller Mineralien und des unnüzen bei deren Gewinnung losgesprengten Gesteines (des Berges, nach Bergmanns Sprache) so viel dessen nicht selbst in der Grube Platz findet. Weil aber die Maschine ihren Gang verändern muß, wenn die Kübel wechselsweise auf- und niedergehen, so wird dazu ein sogenanntes **Kehrrad** nötig. Dies ist ein Rad mit einem doppelten Gerinne, dreifacher Felge, und dazwischen angebrachten doppelten Reihe von Schaufeln, welche widersinnig liegen. Wenn nun das Rad rechts gehen soll, so wird das Gerinne, das diesen Schaufeln angehört, geöfnet, und das Wasser dreht das Rad rechts, bis man den einen Kübel oben erscheinen sieht. Alsdann wird es durch einen starken darauf anklemmenden Hebel geklemmt oder **gebrömset**, daß es zum Stillstand kömmt, nachdem schon das Gerinne geschlossen ist. Jezt, da es links gehen soll, wird das andere Gerinne geöfnet, die Brömse gelöst, der Kübel geht wieder hinunter, und ein anderer windet sich herauf. Ich gebe keine Zeichnung davon, die so leicht in jedem der neuern Bergbücher aufzufinden ist.

§. 86.

Oft hat eine Grube eine solche Lage, daß das Wasser nicht zu denen Kunstwerken geleitet werden kann, welche

über

über der Oefnung des Schachts in Bewegung gesezt werden müssen, und das erste vom Wasser getriebene Kunstrad muß neben und unter derselben angelegt werden. Alsdann muß eine sogenannte Stangenkunst zu Hülfe kommen, d. i. Es werden zwiefache hölzerne Stangen auf diejenige Länge hinaus an einander gefügt, welche die Umstände erfodern. Sie werden durch Hölzer verbunden, die etwa 12 Fuß lang, in der Mitte durchlocht sind, und eben so oben und unten mit dem doppelten Gestänge verbunden werden, da sich dann alles um die durch diese Löcher gehenden Zapfen willig wenden kann. Die Mittelpunkte der Bewegungen aller Querhölzer befinden sich in einem Gestelle, oder auf sogenannten Bökken, welche das Ganze tragen. Eines dieser Gestänge wird mit einer sogenannten Korbstange an die Kurbel des vom Wasser getriebenen Rades angebracht, und mit dessen Umdrehung hin- und hergeführt. Wird das untere Gestänge vorwärts geschoben, so zieht sich das obere gegen das Rad zu, und umgekehrt. Lesern, welche dergleichen nie gesehen haben, wird die Abbildung (Fig. 24.) so viel Licht geben, als nach meinem Zweck nötig ist. Wer aber nur etwas bereiset ist, und nur irgendwo ein Salzwerk, in dessen Gradirhäusern das Salzwasser hinauf gepumpt werden muß, und andere ähnliche Anstalten auch ausser Bergwerken gesehen hat, für den wird auch diese überflüssig sein. Zudem bin ich auch in der Mechanik an verschiedenen Stellen darauf geraten. Aber hier noch weniger, als dort, kann ich mich darauf einlassen, die mannigfaltige

nigfaltige Erfindsamkeit zu beschreiben, welche bei diesen Stangenkünsten notwendig wird, um dieselben auf grosse Strekken hinaus oft über Berg und Tahl fortzuführen, die Richtung zu verändern, wenn es nötig ist, und zulezt den Pumpen selbst eine senkrecht wiederkehrende Bewegung zu geben, da die der Stangenkunst selbst horizontal ist. Etwas davon stellt jedoch die 24ste Figur dar. Dies alles gehöret nicht sowol der Hydraulik als der Mechanik an. Man kann sich sehr anschaulich aus Büchern davon belehren, die vom Bergbau handeln, insonderheit aus **Calvörs** angeführtem Buche, **Delius** Anleitung zur Bergbaukunst, und **Cancrinus** Berg- und Salzwerkskunde. Wer eine tiefgehende mechanisch-hydraulische Untersuchung der Sache zu lesen wünscht, der findet sie in **Karstens** Hydraulik im 21sten und 22sten Abschnitt.

§. 87.

Die Einrichtung der Pumpen, welche man in Bergwerken anwendet, kömmt im Wesentlichen mit der von jeder gemeinen Pumpe überein. Selbst die Saugröhre wird wenig enger, als die Kolbenröhre gemacht. Aber wenn man bei den gemeinen Pumpen das meiste dem Drukke der Luft überläßt, und selten viel Wasser über dem Schuh faßt und mechanisch hebt, so wird bei jenen das meiste oberhalb des Kolben gehoben. Ich habe schon gesagt, daß man auf dem Harz durch einen hohen Saz

Wasser

Wasser 80 Fuß hebe. Allein in den Ungarischen Bergwerken geht man bis auf 90 und 96 Fuß, und giebt der ganzen Pumpe die Teile in folgendem Verhältnis. Die Saugröhre hebt nur 10 Fuß über dem Behälter, in welchen sie gestellt ist. Mit ihr wird eine metallene Kolbenröhre 6 bis 8 Fuß lang in luft- und wasserdichte Verbindung gesezt, und mit dieser dann die Steigröhren bis etwa 80 Fuß höher, so daß die ganze Höhe 15 bis 16 Klafter beträgt in den eigentlich so benannten hohen Säzen. Denn man hat auch mittlere Säze von 8 bis 10 Klaftern in deren ganzen Höhe. Wie es nun schon an sich vorteilhafter ist, sowol in Ansehung der Kosten, als der anzuwendenden Kraft, weniger Stükke zu machen, indem man weniger zu repariren, und auch weniger Reibung hat, so ist die wichtigere Folge davon diese: bei jeder andern Wasserkunst, wodurch man einzelne Pumpen, sie sein Druk- oder Saugwerke, treibt, muß die Kraft sowol bei Niederziehung als Aufziehung der einzelnen Pumpstange wirken, welche durch sie in Bewegung gesezt wird. Dazu würde nun in den Gruben nimmermehr Raht zu schaffen sein. So aber ist es die 80 Fuß hohe Wassersäule, welche samt dem Gewichte der schweeren hölzernen Kunststangen den Kolben in der Kolbenröhre hinabdrukt, und diese Last ist so viele mal zu rechnen, als viele hohe Säze durch Eine Kunststange in Bewegung sesezt werden. Das Ganze darf dann blos an eine hinlänglich starke Kette gehangen werden, und die Maschine wirkt nur, um die Kunststangen zusamt den

über

über den Kolben stehenden Wassersäulen zu heben. Dazu kömmt bei jedem Saze das Gewicht der 12 bis 16 Fuß hohen Wassersäule, welche die Luft dem Kolben nachdrükt. Denn die Luft leistet dies nicht, als unter der Vorausseżung, daß eine Kraft den Kolben aufwärts bewege, die so viel und noch mehr vermag, als der zur Hebung dieser Wassersäule erfoderliche Druck der Luft beträgt. Darauf muß dann der Bergbaumeister hinaus zu rechnen wissen, daß sein Kunstrad, oder was er sonst für eine Kraft anwendet, mehr vermöge, als was das Gewicht aller der Kunststangen und aller der Wassersäulen, die in allen Pumpen über und unter deren Kolben zugleich gehoben werden müssen, samt der Reibung beträgt. Man sezt auch wol mehrere solche Kunstgestänge, nemlich zwei, ja gar vier durch Ein Kunstrad in Bewegung, das an jedem Ende der Welle einen krummen Zapfen umher treibt, deren jedem Eine, oder bei sehr reichlichem Aufschlagewasser zwei Künste zur Last gebracht werden. Wenn dann diese beiden krummen Zapfen in Flächen gelegt werden, die einen rechten Winkel mit einander machen, so liegt darin das beste Mittel, der Ungleichheit in deren Bewegung in etwas abzuhelfen. Der Vorteil, den dies bei einfachem Haspeln schaft, ist vorlängst ausgemacht, wie ich §. 56. der Mechanik angegeben habe. Und doch weiß ich, daß noch im vorigen Jahre kein Haspel dieser Art auf dem Erzgebirge gebraucht ward. Auch zeichnet **Delius** seine Haspel nicht anders, auch nicht das neue Schwedische Berglexicon des Herrn Rinmann auf

dessen

dessen 16ter Kupfertafel. Auf dem Harz hat man jedoch, wie ich aus Calbörs Zeichnungen sehe, die krummen Zapfen an den beiden Enden der Wellen eines Kunstrades schon längst in einen rechten Winkel gegen einander gestellt.

§. 88.

Eine jede wiederkehrende Bewegung, in deren Einem Teile nur das Kunstgestänge und das Wasser gehoben wird, in dem andern aber von selbst sinkt, ist daher in Bergwerken anwendbar. Die so oft von mir erwähnte Feuermaschine leistet dieses dadurch, daß der Druk der Luft, wenn ihm die Dünste in dem Cylinder der Maschine nach ihrer plözlichen Abkühlung nicht mehr entgegen wirken, Einen starken gleicharmigten Hebel herunterzieht, und an dem andern Ende vermittelst einer andern Kette die Pumpstangen aufwärts bewegt. Dann aber, wenn die heissen Dünste der Luft aufs neue entgegen wirken, leztere wieder sinken läßt. Man wendet sie daher bei allen brittischen Erzt- und Kohlengruben mit grossem Vorteil an, zumal nach der durch Boultons und Watts Verbesserung bewirkten grossen Ersparung an der Feuerung. Sie ist in verschiedenen deutschen, doch mehr in ungarischen Bergwerken nachgeahmt worden. Es hat aber wegen der kostbaren Feuerung nicht Rechnung gehalten, und nun sind sie in den ungarischen Bergwerken alle bis auf Eine wieder abgeschaft worden, und haben der von dem

Herrn

Herrn Höll angegebenen sogenannten Wassersäulenmaschine Plaz gemacht, in welcher das Wasser selbst angewandt wird, das Grubenwasser zu heben. Ich halte eine Beschreibung des Wesentlichen von dieser Maschine um so viel nüzlicher und zwekmässiger, da in ihr sich eine Anwendung von dem hydrostatischen Parador zeigt, dergleichen ich an keinem andern Beispiele so gut darstellen kann. Die Anlegung dieser Maschine sezt eine Lage unter einer Höhe voraus, von welcher herab ein zu deren Betreibung hinlänglicher Wasservorraht geleitet werden kann. Je grösser diese Höhe ist, desto mehr Kraft hat man zum Dienst der Maschine. Diese Höhe sei zu 40 Klaftern angenommen. Oben wird das Wasser in einen Behälter gefaßt, aus welchem eine Röhre, die zuöberst von gebohrten Hölzern zusammengesezt sein kann, unten aber von einem zolldicken Eisen sein muß, das Wasser herableitet. Diese Röhre (Fig. 25.) sei CB und 6:7 Zoll weit. Bei B biegt sich diese Röhre horizontal. In A ist der Anfang eines perpendikular gestellten Stiefels von 6:12 Zoll Weite, und 7:8 Fuß Höhe. In diesem Stiefel stekt ein Kolben L mit einer starken Stange. Bevor ich zur Erklärung der Zwekke dieser Maschine gehe, wird es geraten sein, das hydrostatische Parador auf die Erklärung der Kraft anzuwenden, mit welcher das Wasser gegen diese Kolbe drükt. Die Höhe bleibe 240 Fuß; die Weite der Fallröhre sei 4 bis 6 Zoll. Die runde Unterfläche des Kolben aber sei $\frac{3}{4}$ Quadratfuß. Der Druk des Wassers ge-

gen

gen dieselbe ist also aus dessen Höhe 240 Fuß, und dieser Fläche des Kolben zu schäzen. (Hydrost. §. 31.) Nun multiplicire man 240 durch $\frac{3}{4}$: sind 180 Cubikfuß, und geben, den Cubikfuß zu 50 Pfund gerechnet, 9000 Pfund. Wenn daher das Wasser von obenher zum Druk kömmt, so drukt es den Kolben mit 9000 Pfund Kraft in die Höhe. Man rechne für die Reibung des Kolben und dessen Gewicht 1000 Pfund, so bleiben noch 8000 Pfund Kraft, mit welcher der Kolben vermittelst der an ihm angebrachten Zugstange zur Hebung irgend einer Last wirken kann. Um jedoch dieser Kraft teils zu Hülfe zu kommen, teils die Bewegung des Kolben zu leiten, wird etwa 30 Fuß hoch von dem Fußboden auf ein starker Hebel D E von Holz angebracht, welcher die Achse seiner Bewegung auf ein Drittel seiner Länge hat. An dem kürzern Ende desselben hängt über einem hölzernen Zirkelbogen, dessen Mittelpunkt die Achse K ist, eine eiserne Kette zur Zugstange herab. An dem langen Ende E befindet sich ein mit schweren Materialien gefüllter Kasten, welcher einem Teile der zu hebenden Last das Gleichgewicht hält. *

* Bestimmter wage ich nicht auszudrucken, was Herr **Delius** in seiner sonst so lichtvollen **Anleitung zur Brrgbaukunst**, Wien 1773. 4. und nach ihm, **H. v. Cancrin** in dem 7ten Teile seiner **Berg- und Salzwerkskunde** so ausdrükt: Der Kasten des Waagbaums sei so beschwert, daß er den Schachtstangen beinahe das Gleichgewicht halte. Denn gesezt, das **beinahe** gelte für drei Vierteile des Gewichts

Nun hängt man an die Zugstange FG entweder unmittelbar die Hauptstange der in den Schacht hineingesenkten Wasserkunst an. Wenn der Druk der Wassersäule gegen den Kolben G von unten auf diese in die Höhe treibt, so folgt auch die Schachtstange. Wenn aber Umstände hindern, die Maschine unmittelbar an den Schacht zu stellen, so sezt man ein Rad von zwekmässig gewähltem Durchmesser vermittelst einer an dessen Peripherie befestigten Kette mit der Zugstange, und mit dem Rade ein Gestänge in Verbindung, das bis zum Schacht reicht. Wenn nun der Druk des Wassers die Kolbe in die Höhe treibt, und das Gewicht an dem längern Teile des Hebels eben dieser Kraft zu Hülfe kömmt, so wird dadurch entweder der Schachtstange unmittelbar eine Bewegung in die Höhe mitgeteilt, oder dem Rade eine Wendung gegeben, welche so abgemessen ist, als die dem Gestänge zu gebende Bewegung es erfodert, durch welches dann unmittelbar der Hub der Pumpen in dem etwas entfernteren Schacht erfolgt.

Allein wichts der ganzen Last, so wird dieselbe nicht mit dem Reste wieder herabsinken können. Ich nehme also an, der Kasten mit der angefüllten Last hält den Schachtstangen allein beinahe das Gleichgewicht, so hat die Maschine selbst mit der grossen Zugstange FG es nur mit dem Gewichte der Wassersäulen zu tuhn, welche auf die Kolben aller Pumpen drukken. Wenn die Kolbe G in der Maschine groß genug von Fläche ist, so bedarf sie zwar dieser Hülfe nicht. Aber der Hebel wirkt dann auch vermittelst der Kette auf die Zugstange, um sie zu steifen, und ihre Bewegung zu reguliren.

Allein nun sollen eben diese Pumpen wieder sinken, um neues Wasser über ihren Kolben zu fassen. Das zu bewirken, wird zu unterst in dem grossen Stiefel in H ein Hahn mit einer der Weite der Fallröhren gleichen Oefnung angebracht, die er wechselsweise mit einer Viertelwendung nun der Fallröhre, dann wieder dem Stiefel und dem Kolben G eine seitwärts angebrachte gleichweite Oefnung zukehrt. Er ist in seinem obern Teilee hohl: so daß das Wasser aus dem Stiefel durch ihn wegsinken kann. Man nennt ihn mit der ihn beschliessenden metallenen Kapsel die **Wendungspippe**. Beide sind in der 26. Figur dargestellt. Wenn nun die Oefnung K der Fallröhre in L zugekehrt ist, so wirkt das Wasser gegen den Kolben G, und bewirkt die beschriebene Bewegung nach oben. Wird sie gegen die Seitenöfnung M gedreht, so sinkt das Wasser aus dem Stiefel durch dieselbe weg. Die Ursache, welche den Kolben hob, der Drang des Wassers durch die Fallröhre, hat nicht mehr Statt, und nun sinkt der Kolben G, und mit diesem die Schachtstange so, wie bei Anwendung anderer Maschinen, durch ihre Schweere herab, und die Pumpen können bei einem wiederholten Hub unten neues Wasser saugen und oben heben.

Diese wiederkehrende Bewegung des Kolben mit den ihm angehängten Lasten wird bewirkt, da der Hahn in der Wendungspippe mit jedem Hube und jedem Sinken des Kolben eine Viertelwendung macht. Um nicht Menschen dazu anstellen zu dürfen, hat man eine derjenigen ähn-

ähnliche Zurichtung angebracht, mit welcher in der Potterischen Feuermaschine den aus dem Kessel in den Cylinder eindringenden Dünsten und dem zur Abkühlung dieser Dünste einspringenden kalten Wasser der Weg wechselsweise geöfnet und geschlossen wird. Ich setze aber deren Beschreibung, als die einer mechanischen und nicht hydraulischen Erfindung, bei Seite.

Diese Maschine hat vor allen andern einen nicht zu bezweifelnden Vorzug. Auf den Ungarischen Bergwerken waren deren 1773, als Delius schrieb, acht im Gange. Nur Schade, daß sie eine Lage des Gebirges vorausseżt, welche nicht bei jedem Grubenbau Statt hat! Man muß eine Höhe nahe bei demselben haben, und oben auf derselben einen hinlänglichen Wasserschaz. Zwar könnte vermöge des hydrostatischen Paradoxes auch eine zarte, z. B. einen Zoll weite Röhre einen Kolben von der angenommenen Fläche von $\frac{3}{4}$ Quadratfuß eben so gut heben, als eine Wassersäule von 5 bis 6 Zoll weit. Dann aber vergeht um so viel mehr Zeit, ehe sich der Stiefel unter dem Kolben füllt, und denselben in die Höhe drängt. In der von Delius beschriebenen Maschine hebt sich der Kolben 6 bis 7 mal in Einer Minute, und mit ihm eben so viele male die Schachtstange. Aber er berechnet auch die Masse des dazu nötigen Wassers auf 42336 Eimer zu 90 Pfund schweer in 24 Stunden. Ein solcher Wasservorraht findet sich nicht leicht auf Höhen in der Nähe der Gruben; und wenn es gleich nach der Theorie nicht

hindert, wenn das Wasser weit her mit einem schrägen Fall durch Röhren zur Maschine geleitet wird, so möchte doch in so langen und schwach inclinirten Röhren die Reibung des Wassers einen starken Abgang an der Kraft verursachen, mit welcher dasselbe den Kolben heben soll. Da aber, wo man mit dieser Schwierigkeit nicht zu kämpfen hat, sind die Vorzüge vor andern Kunstwerken augenscheinlich. Sie ist nicht so vielen Reparaturen unterworfen, als grosse Kunsträder. Sie braucht gar keinen Aufwand von Feurung, welche den Gebrauch der Feuermaschinen so sehr kostbar macht. Daneben aber kann man das Wasser, welches die oben am Tage gebaute Maschine getrieben hat, in die Grube hinableiten, und in jeder den Umständen gemässen Tiefe unter der Erde eine zweite, ja so gar eine dritte Säulenmaschine anlegen, dadurch andere Kunstsätze in Bewegung sezen, und das Wasser zulezt durch den Stollen abfliessen lassen.

§. 89.

Eben dieser Herr Höll hat von dem noch im Anhange zu beschreibenden Heronsbrunnen Anlaß zu einer Maschine genommen, welche ebenfalls die Grubenwasser in hinlänglicher Masse in die Höhe zu treiben dient. Das wesentliche sind zwei in einer den Umständen gemässen Entfernung einer über den andern angebrachte metallene Kessel, deren einer oben über der Grube, der andere viele Klafter tief unter der Grube seinen Ort hat.

Allein

Allein anstatt daß in dem Heronsbrunnen das Wasser der öbern Kolbe durch die Luft in der Höhe zum Sprunge getrieben wird, so ist es hier der untere Kessel, in welchen hinein man die Grubenwasser fliessen läßt. In dem öbern Kessel wird die Luft durch eingelassenes Wasser gewaltsam zusammengepreßt. Eine von demselben zu dem untern Kessel herabgehende Röhre giebt dieser zusammengepreßten Luft den Weg in den untern Kessel. Hier drukt sie dann auf das in demselben beschlossene Wasser, und preßt dasselbe durch eine Steigröhre in die Höhe, bis zu Tage aus. Dies muß dann wiederhohlt geschehen, und deshalb oben und unten wechselsweise die Röhre durch zwei Männer geöfnet und geschlossen werden, welches nach Delius Angabe, 20mal in einer Stunde geschehen kann.

Diese Maschine hat eben sowol ihre Wirkung geleistet, als jene Wassersäulenmaschine. Allein sie ist eines Teils kostbarer, als dieselbe, andern Teils läßt sie sich nicht wiederholt in verschiedenen Tiefen der Gruben unter einander anbringen. Der grosse Vorteil, daß bei derselben gar keine Pumpen oder hohe Säze nötig sind, welche mit jenen doch immer in Verbindung gesezt werden müßten, und sehr viel kosten, scheint jene Nachteile nicht überwogen zu haben. Sie ist also in den Ungarischen Bergwerken nur einmal ausgeführt, aber auch wieder abgeschaft worden. Ich werde daher nicht in Absicht auf ihren Nuzen, sondern wegen der in ihr sich darlegenden grossen Erfindsamkeit, sie im 94sten §. näher erläutern, und eine Zeichnung ihrer Hauptteile in der 35sten Figur geben.

§. 90.

Durch diese in neuern Zeiten so sehr gemehrte Erfindsamkeit der Bergbaumeister ist man in den Stand gesezt worden, die Gruben bis zu weit grösßern Tiefen hinabzuführen, und in jedem Gebirge den Mineralien mit mehrerer Zuverlässigkeit nachzusuchen, als es zu unserer Vorfahren Zeit möglich war. Es richtet sich aber die Anwendung aller dieser Erfindungen ganz nach der Lage, in welcher man die Erzte in den Felsgebirgen verstekt findet. Ich glaube davon noch etwas sagen zu dürfen, ungeachtet es der Hydraulik nicht eigentlich angehört.

Die Erzte finden sich in keiner derjenigen Gebirgsarten, von welchen man mit Grunde annimmt, daß sie in und über der Oberfläche der Erde sich früher gebildet haben, als der Erdboden Gewächse und Tiere hatte. Diese sind der Granit, Porphyr, Gneus, und einige andre Arten von Gestein, in welchen man gar keine Art von Versteinerungen findet. Aber über und an diesen ursprünglichen Felsgebirgen haben sich andre Felsarten angelegt, deren späteres Entstehen die in ihnen öfterer oder seltener vorkommenden Versteinerungen beweisen. In einigen derselben sind wahrscheinlich späterhin Risse und Klüfte entstanden, und in diesen haben sich die Erzte durch eine Operation der Natur angesezt, über deren Gang wenigstens ich hier keine Erläuterungen, oder, worauf es allein doch nur ausläuft, Mutmassungen angeben darf. Der Bergbau ist also im Allgemeinen darauf abgezwekt,

den

den Erzten in diesen Klüften nachzusuchen, welche in denselben nach allerlei Richtungen sich fortstrekken, und mehrenteils mit schwächerer oder grösserer Neigung sich niederwärts senken.

Gebirge dieser Art nennt man Ganggebirge, und in ihnen finden sich die vollkommenen, so wie die Halbmetalle, in grosser Mannigfaltigkeit.

Aber es haben sich auch in den Umformungen der Oberfläche der Erde nicht nur die verschiedenen Erdarten, sondern auch erzthaltige Gesteine so übereinander gelagert, daß sie in grossen Strekken in einer zwar nicht gleichen, aber doch, so lange sie fortdauern, sich nicht sehr verändernden Dikke einander dekken. Solche erzthaltige Schichten, wenn sie sich in einem Gebirge finden, nennt man Flöze, und die Gebirge Flözgebirge. In diesen Flözen finden sich nicht so mancherlei Mineralien. Es sind insonderheit nur Kupfer und Eisen, selten Blei, nie anders, als in Kupfererzten verstekt, aber niemals Gold und Silber; und von andern Mineralien insonderheit Steinsalz und Steinkohlen.

§. 91.

Die grosse Bergarbeit, deren hydraulische Hülfsmittel ich bisher beschrieben habe, hat vorzüglich nur in den Ganggebirgen Statt, und wird bei einem neuen

Berg=

Bergbau in folgender Ordnung vorgenommen: Wenn man durch die am Tage, d. i. an der Oberfläche des Gebirges hervortretenden erzhaltigen Mineralien, wo nicht die Gewisheit, doch die Wahrscheinlichkeit, gewonnen hat, daß der Berg Erztadern habe, welche die Arbeit belohnen, so wird zuförderst ein Schacht, wenn es die Umstände nicht durchaus anders erfodern, senkrecht gegraben. Dieser Schacht hat zwei Teile, den Treibschacht und den Fahrschacht. In jenem werden die Erzte heraufgewunden, in diesem sind die Leitern, oder nach Bergmännischer Sprache die Fahrten, angebracht, auf welchen man auf- und absteigt. Er muß aber noch Raum geben für die Kunstsäze. Sind die Eigner der Grube nicht nach frühem Gewinn begierig, so werden von jenem Schachte aus Gänge, die man **Strekken** nennt, horizontal in allerlei Richtungen geöfnet, und noch eine Zeitlang nicht auf Erzt gearbeitet, wenn man nicht in der Fortführung dieser Gänge auf dasselbe schon trift, so daß man die Strekke durch einen solchen Gang selbst fortführen muß. In diesen Strekken schlägt man von einer zur andern herab senkrechte Oefnungen aus, und wenn man mit dem Schacht so tief gekommen, und die Lage so beschaffen ist, daß schon ein Stollen Nuzen schaffen kann, so wird dieser in zweierlei Absicht zum Abhange des Berges hinausgeführt. Die Eine ist die Abführung der Wasser, die zweite die Erregung eines Luftzuges, welche der Schacht, die Strekken und Stollen vereint befördern. Nach dieser Vorarbeit wird von den Strek-

fen, und, wenns die Umstände geben, auch von dem Stollen aus, den Erzgängen nachgesucht, in welcher Richtung sie sich auch finden mögen. Je weiter die Arbeit niederwärts geht, desto mehr nehmen die Grubenwasser zu, und machen dann die Anlegung von Wasserrädern und Künsten unter der Erde notwendig, durch welche dieselben bis zu dem Stollen gehoben werden. Das für diese Künste nötige Aufschlagewasser ist eben dasselbe, welches die öberen treibt. Es muß allenfalls durch wenn Stollen in den Berg wieder hinein und auf das unterirdische Kunstrad geleitet werden, welches die Grubenwasser abführt. Wird in grösserer Tiefe eine dritte Kunst notwendig, so muß es an dieser ein drittesmal dienen. Wenn dann endlich der Bergbau so tief geht, daß kein Stollen noch tiefer, als das unterste Kunstrad geführt werden kann, so wird dies der Ort für den tiefsten Stollen, und das tiefste Kunstrad hebt dann noch das unterste Grubenwasser diesem Stollen zu, so weit es die Kraft, mit welcher es geht, zu tuhn vermag. Bei dieser Tiefe hat dann der Grubenbau sein Ende. Eine andre Ursache, die demselben Grenzen sezt, ist die Länge und Schweere der Ketten, an welchen die Kübel mit den Mineralien heraufgewunden werden.

Alle diese Schächte, Stollen, Strekken und Radstuben treffen nur hie und da auf ein Gestein, das nach seiner Aushölung gegen die darauf drükkende Erdlast Stand halten könnte. Im losen Gestein oder Erde muß

alles

alles mit ſtarkem Holze geſtüzt und verkleidet, und inſonderheit die Radſtuben ausgemauert werden. Selbſt die von ihrem Erzt ausgeleerten Gänge würden deſſen bedürfen. Aber eben dieſe geben den Raum für das erztloſe Geſtein oder Erde (taube Bergart) die in dieſe Lücken geſchafft wird, um den Berg zu halten.

In Flözgebirgen geht alles viel leichter. Die Stollen leiſten bei vielen derſelben alle nötige Dienſte, teils in der Abführung der Grubenwaſſer, teils zur Herausbringung oder Förderung der Erde und Mineralien. Doch liegen nicht alle Flöze ſo hoch, und wann der Bergbau zu einer gröſſern Tiefe hinabgeht, als in welcher ſich noch Stollen führen laſſen, ſo muß wenigſtens ein Teil desjenigen geſchehen, was bei den Ganggebirgen unumgänglich notwendig wird. Dies iſt der Fall bei den meiſten Steinkohlenflözen, inſonderheit den Brittiſchen, an und über welchen nun ſchon unzählige Dampfmaſchinen angelegt ſind, für welche die zu bearbeitende Mine ſelbſt das Material hergibt.

Anhang.

Anhang.

§. 92.

Ich werde in diesen Anhang nicht etwan vergessene sondern solche Gegenstände bringen, an welche ich in vorstehenden Abschnitten oft gedachte, aber nicht mit mir einig werden konnte, welchen Plaz ich ihnen dort eigentlich anweisen sollte. Der erste von denselben mögen die Ventile sein.

Ich habe derselben so oft als eines in allen Wassermaschinen oder deren Teilen nothwendigen Stückes erwähnt, vermittelst dessen man dem Wasser und auch oft der Luft auf einen Zeitteil den Weg zur Bewegung öfnet, und für einen andern ihm wieder verschließt. Keine solcher Maschinen, in welchen das Wasser durch einen wiederkehrenden Gang des die Bewegung bewirkenden und von der Kraft getriebenen Körpers bewegt werden soll, kann ohne diesen Teil sein. Wenn diese Widerkehr oder Wechsel nicht Statt hat, wenn z. B. die Kraft der Luft in dem Heber das Wasser in Einem fort bewegt, so bedarf es keiner Ventile, es sei denn in der Vorausicht, daß das

Wasser

Wasser in der Maschine sich nicht immerfort bewegen solle, aber doch in der Zeit, da sie stille steht, man das Wasser halten wolle, daß es nicht zurück sinke. Doch wendet man da lieber Hahne an, welche diesen Dienst zuverlässiger tuhn.

Ein gutes Ventil muß folgende Eigenschaften haben: Es muß 1) dem Wasser einen hinlänglich freien Weg geben; 2) aber auch ihm diesen gänzlich für die Zeit, da die Bewegung wechselt, verschliessen. 3) Es muß zuverlässig seine Bewegung dem Zweck der Maschine gemäß machen, und nimmer in derselben stocken. Jedes Ventil beengt das Wasser mehr oder weniger, nicht blos durch den Raum, den es selbst, sondern auch durch den, welchen die Hülse oder die Einfassung einnimmt, ohne welche man es nicht leicht in der Röhre anbringen kann, in welcher es seine Wirkung tuhn soll. Die in den Pumpenkolben angebrachten Ventile decken eine cylindrische Oefnung von einem kleinen Durchmesser im Verhältnis zudem des Kolben, weil dieser eine hinlängliche Stärke behalten muß. Diese würde an solider Masse stark genug sein, wenn sie von Metall gemacht werden dürfte. Allein dies hindern andre Betrachtungen, und Holz und Leder bleiben deren gewöhnlichstes und bestes Material. Die festliegenden Ventile könneu solche metallene Hülsen ohne Nachtheil haben. Aber in hölzernen Röhren oder Stiefeln lassen sich diese nicht gut befestigen und metallene Stiefel sind für manche Maschine zu kostbar und nicht

allers

allerdings brauchbar. Ich lese in Delius Anleitung zum Bergbau, daß man in den Ungarischen Bergwerken den hohen Sätzen einen Teil von Metall gebe, nemlich denjenigen, in welchem der Kolben steigt und sinkt, und auch das untere Ventil sich anbringen läßt, aber ich weiß nicht, ob man in andern Bergwerken eben so verfahre.

Der gute Anschluß der Ventile auf die Oefnung, welche sie sperren sollen, wird hauptsächlich durch dem Druk des Wassers selbst bewirkt. Aber es kömmt doch auch auf deren Schweere und Figur sehr an. Sollen sie nicht irre gehen und allenfalls stehen bleiben, so dürfen sie nicht zu viel Spielraum haben. Dann aber ist auch der Weg dem durch sie hin sich bewegenden Wasser minder frei. Manches Ventil ist daher auch nur in gewissen Lagen gut, schließt sicher, wenn es senkrecht zurüksinken kann, bleibt aber leicht stehen in horizontaler Lage. Der Aufseher einer hiesigen Wasserkunst brachte daher eine Feder an seinen liegenden Ventilen an, welche sie zurükdrükte, aber auch dem Wasser, wenn es sich den Weg durch das Ventil öfnen sollte, einen schädlichen Widerstand entgegen sezte.

Da so vielerlei bei den Ventilen zu bedenken ist, so sind auch der Erfindungen dieser Art ungemein viele. Man kann eine Menge Angaben derselben brauchbare und nicht brauchbare, auf der 38. und 39sten Tabelle des ersten Teils von Leupolds Hydrauli-

schem Theater sehen, und seine Erläuterung darüber nachlesen. Belidor hat auch sehr viel richtiges und wol überlegtes in seiner Theorie der Pumpen im 2ten Bande seines Werks darüber gesagt. Da ich beiden weder nachschreiben, noch sie ausschreiben mag, so will ich nur von einigen der gepriesensten Erfindungen etwas sagen.

Die Klappventile (Fig. 27.) haben freilich viel Gutes: aber sie schliessen nur zuverlässig, wenn sie von Metall sorgfältig ausgearbeitet sind. In horizontalen Röhren hängen sie senkrecht, und legen sich durch ihr Gewicht natürlich vor die Oefnung, welche sie sperren sollen: aber wenn der Drang des Wassers sie nicht hinlänglich fest andrükt, so trägt das Gewicht der hängenden Klappe sehr wenig zu einem festen Schluß bei. Neubert hatte in seiner oben erwähnten Preisschrüze beide Stiefel einander so nahe gestellt, daß die in den Windbalg ausgehenden Ventile, so wie sie sich wechselsweise öfneten, gegen einander schlugen, und eines, indem es sich öfnete, die Bewegung des andern sich schliessenden beförderte, doch ohne sich zu beklemmen. Belidor hat (Liv. 3. Chap. 5. des ersten Teils) ein Klappventil angegeben, welches die 28ste Figur von oben darstellt. Die ganze Ventilklappe ist circular, dreht sich aber um eine Axe, die nicht in dem Durchmesser, sondern in einer Sehne des Cirkels, um $\frac{1}{12}$ des Durchmessers vom Mittelpunct ab, liegt, folglich die Klappe in zwei ungleiche Teile teilt, auf deren grössern der Andrang des Wassers so viel mehr vermag, daß auch der

Klei-

kleinere Teil, ungeachtet der entgegengesezten Wirkung des Wassers, sich drehen und beide zusammen dem Wasser die möglich gröste Oefnung geben müssen. Die 29ste Fig. stellt den leichten Mechanismus dar, durch welchen das geöfnete Ventil geneigt wird, sogleich bei veränderter Bewegung sich wieder zu schliessen. Denn indem es sich öfnet, wird sein Schwerpunct H seitwärts ab von dem Mittelpunkt der Bewegung I getrieben. Eine Lage, in welcher ein schweerer Körper nicht einen Augenblick bleiben kann. Belidors Ansehen hat ihnen vielen Beifall zugezogen. Auch Karsten preist sie mit Grunde §. 391. der Hydraulik. Ich weiß jedoch nicht, was die Practiker unrecht an ihnen gefunden haben, daß sie, soviel ich weiß, nicht in einen sehr allgemeinen Gebrauch gekommen sind. Vielleicht sind sie einem zu geschwinden Verschleissen ausgesezt. Einen ältern und bisher allgemeinern Beifall haben die konisch geformten Ventile Fig. 30. Ihre Figur ist wenigstens wol gewählt, indem sie sich natürlich mit der Hülse so ausschleifen, daß sie den festen Anschluß nicht leicht verlieren können. Sie werden, wenn man besorgt, ihnen zu viel Gewicht zu geben, hohl gemacht. Die Figur zeigt, wie der metallene Stiel, welcher an seinem Ende mit einem Knopf gegen das ihm geöfnete Loch stößt, die Bewegung des Ventils regiere und den Spielraum bestimme, durch welchen das Wasser seinen Weg suchen muß.

Aber man sieht auch, daß das Wasser, wenn es durch diesen Raum sich durchdrängt, seinen Weg mehrmal verändern müsse, und daraus ein böses Reiben entstehe. Werden diese Ventile liegend angebracht, so darf dieser Spielraum nicht groß sein, weil sonst das Ventil leicht auf den Rand der Hölung fallen kann, in welchen es wieder hineingedrükt werden muß. Mit den Conischen Ventilen kommen die sobenamten Muschel-Ventile im wesentlichen überein. Belidor, Leupold und andre stellen alle bisher erdachte Ventile in deutlichen Zeichnungen dar. Einem derselben, dem Kugel-Ventil, scheint dieser Vorzug zu gebühren, daß auch bei dem längsten Gebrauch die Kugel die Oefnung fortdauernd so ausschleift, daß der Schlüß niemals unrichtig werden kann. Aber man sieht auch, daß das Ventil nur in senkrechten Röhren dienen kann. In horizontalen würde die Kugel zu weit mit dem Wasser fortgehen, und in der Rükkehr immer erst auf den untern Rand der Hölung stossen, ehe es sich in die Hölung selbst leget. Karsten findet §. 389. noch andre gegründete Bedenklichkeiten dawider.

§. 93.

Die Angaben zur Verfertigung guter Kolben mit oder ohne Ventile sind äusserst mannigfaltig. Belidor und Leupold geben a. a. O. deren eine Menge an, und beurteilen deren Vorteile und Nachteile gründlicher, als ich es mir hier vorsezen kann zu tuhn. Im Allgemeinen

meinen ist es bekannt, daß, wenn gleich Holz oder Metall in deren Zusammensezung angewandt wird, die Röhre oder der Stiefel der Pumpe nicht von diesem berührt werden, sondern hervorragendes Leder den Anschluß des Kolben an dieselben machen müsse. Auch diese können nicht gar lange ausdauern; aber sie verschleissen, ohne jenen merklichen Schaden zu tuhn. Dennoch versprach ein Franzose vor etlichen und zwanzig Jahren grosse Vorteile von Pumpen, Drukwerken und Sprüzen, in welchen ein ganz von Metall sorgfältig ausgearbeiteter und genau an die Röhre anschliessender Kolben ausnehmende Dienste geben sollte. Er achtete das Reiben und Schleifen für niches, weil doch immer etwas Wasser sich zwischen beide schleichen müsse. Er verfertigte und verkaufte wirklich solche Werkzeuge, die aber wol nicht länger als einzelne Tage gut getahn haben mögen. Wenigstens habe ich seit jener Zeit nichts wieder von dieser hochgepriesenen Erfindung gehört.

Die möglichst einfache Kolbe sowol in Druk- als in Saugwerken habe ich oben §. 71. erwähnt, und Fig. 18 und 19. dargestellt.

Wenn Kolben durch eine Stange von oben her bewegt werden vermittelst eines Zapfens, welcher durch den die Kraft gebenden Teil der Maschine in einem Cirkelbogen bewegt wird, so kann das nicht anders zugehen, als daß die Kolbe bald schief gegen die Röhre gedrukt, bald senkrecht bewegt wird. Dieser schiefe Druk mit seinen nachteiligen Folgen, dem Anklemmen der Kolbe und star-

ken Wegschleifung der Röhren oder Stiefel, ist um so viel nachteiliger, je kürzer die Pumpe oder Drukstange ist. Das hat insonderheit bei den Feuerspriżen Statt. Um diesen Nachteil in etwas zu heben, gibt man der Stange ein Gewinde an beiden Enden. Denn wenn die Stange Einen Körper mit der Kolbe machte, so würde selbst die abgezwekte Bewegung kaum noch möglich sein. Ist die Stange sehr lang, wie z. B. in der Abbildung Fig. 14. die Kunststange an den hohen Sażen in Bergwerken, so darf nicht sehr darauf geachtet werden, insonderheit nicht mehr bei denen Stangen, welche die Kolben der untern Pumpen auf- und niederführen. Indessen ist folgende Erfindung eines Engländers Nyttal ganz vortreflich, um auch bei sehr kurzen Stangen den Fehler ganz zu heben. Wenn Karstens angeführtes Buch über die Feuerspriżen in so vielen Händen wäre, als dessen Hydraulik, so würde ich nur auf S. 111-132 und die 3te Kupfertafel verweisen dürfen. So aber glaube ich wegen der grossen Nüzlichkeit der Sache sie so beschreiben zu müssen, wie sie mir schon früher, als jenes Buch erschien, von der Neubertschen Preisspriże her bekannt war.

In der 31sten Figur ist A der Kolben, und BC, DE zwei oben in F vereinte Zugstangen, wo die in einem Cirkelbogen sich bewegende Kraft diese Stangen angreift, aber auch deren Ende in die Ründe bewegt. Unten bei B und D hat jede Stange ihr Gewinde, so wie gewöhnlich jede einzelne Zugstange. Nun aber ist eine dritte runde und glatte Stange GH rechtwinklich ohne Gewinde

winde an den Kolben bevestigt. Fig. 31 stellt eben diesen Kolben von der Seite dar. Die zwiefache Zugstange ist in Folge des Druks der Kraft in schräger, die Stange GH aber in senkrechter und mit derselben der Kolben A in horizontaler Stellung. Die punctirte Linie IK ist der Durchschnitt eines auf den Stiefel geschrobenen Dekkels, welcher drei Oefnungen oder Einschnitte hat, durch welche sich die drei Stangen bewegen. Diesen Dekkel stellt die 32ste Figur von oben dar, uud nun erklären die drei Einschnitte alles. Die länglichten Einschnitte a und b geben den beiden Zugstangen den ihnen nötigen Spielraum. Das runde Loch c aber läßt nur eine senkrechte Bewegung der Stange CH zu, die aber die Verschiebung der Zugstangen in ihren Einschnitten gar nicht hindert, wol aber den Kolben immer horizontal erhält.

§. 94.

Springbrunnen oder Fontänen haben zwar keinen wahren Nuzen für das bürgerliche Leben. Ich habe ihnen daher keine Stelle in den vorstehenden Abschniten geben mögen. Aber eine jede Hydraulik mögte unvollständig scheinen, in welcher gar nichts davon gesagt würde. Der gewöhnliche Weg, in welchem man Fontänen anlegt, ist dieser: Man sammelt Wasser in einem Behälter auf einer Höhe, leitet von diesem eine Röhre niederwärts, biegt sie horizontal, und dann in einem kurzen Teile senkrecht. Diesem senkrechten Teil wird eine Bedekkung

dekkung gegeben, welche man nach Gefallen öfnen und schliessen kann, oder es wird schon in irgend einem andern Punkte der Leitung ein Hahn angebracht, welcher dem Wasser den Weg zu jener Oefnung versperrt oder öfnet.

Ich habe schon §. 5. angegeben, daß nach blos hydrostatischen Gründen der Sprung des Wassers bis zu eben der Höhe gehen müsse, welche das Wasser in einer mit der Leitung zusammenhängenden Röhre erreichen würde, d. i. der Oberfläche gleich, von welcher dasselbe herabdrükt; daß aber auch der Widerstand der Luft und des obersten schon wieder zurüksinkenden Wassers diesem Steigen etwas benehme. Der schon oft erwähnte Mariotte stellte darüber Versuche an. Er fand, daß der durch einen Fall von 5 Fuß erregte Sprung einen Zoll weniger betrage, daß aber dieser Unterschied im Verhältnis der Quadrate der Höhen zunehme, z. B. Bei einem doppelt so hohen Fall gehen 4 Zoll, bei einem dreifach so hohen Sprunge gehen 9 Zoll der Höhe des Sprunges ab; bei einem Fall von 100, d. i. 20 mal 5 Fuß, ist der Abgang 20 mal 20 Zolle, d. i. $33\frac{1}{3}$ Fuß, und der Sprung geht also nur bis auf $66\frac{2}{3}$ Fuß. Man hat darüber Tabellen in mehrere hydraulische Bücher eingetragen.

Doch trift dies nur unter folgenden Bedingungen zu:

1) Die Leitungsröhre muß nicht zu enge sein. Denn sonst vermehrt sich das Reiben in dieser Röhre gar zu sehr. Das Wasser läuft in derselben träger fort, und drükt um so viel schwächer das dem Sprunge sich nähernde Wasser

zur

zur Oefnung heraus. 2) Die Oefnung muß ein gewisses Verhältnis zu der Weite der Leitungsröhre haben. Ist die Oefnung sehr weit, daß folglich eine grosse Menge Wasser aus derselben hervorspringen kann, so folgt das in der Leitungsröhre durch das Reiben aufgehaltene Wasser nicht schnell genug, übt folglich einen zu schwachen Druk auf das springende Wasser aus, und treibt es zu einer viel kleinern Höhe. Oefnet sich die kurze Saugröhre in gleicher Weite mit der Leitungsröhre, so entsteht nur ein lebhafter Hervorfluß des Wassers, den man kaum einen Sprung nennen kann. Man nimmt als ein zuträgliches Verhältnis das von 1:6 an. Wenn z. B. die Leitungsröhre 3 Zoll weit ist, so gibt man der Oefnung $\frac{1}{2}$ Zoll zum Durchmesser. Das Verhältnis der Flächen ist alsdann wie 1 : 36. und so viel langsamer drukt dann das Wasser durch die Röhre nach, als es aus der Oefnung springt. 3) Die Leitungsröhren müssen nicht gar zu lang sein. Denn je länger sie sind, desto stärker wird die Reibung in denselben, und desto träger der Zuschuß des Wassers, das den Sprung befördern soll. Vollends schädlich wird es, wenn das Wasser anderer Umstände wegen in stark gekrümmten und oft gebogenen Röhren zum Sprunge geleitet werden muß. In der Länge der Röhren, in der Kostbarkeit derselben und der Schwierigkeit, sie vor Schaden zu bewahren, wenn sie einen weiten Weg durch eine Gegend geführt werden müssen, wo das gegen die Vergnügungen der Grossen gern auffätzige Landvolk sie oft beschädigt, liegt der Grund,

warum man manche solcher Fontänen nicht anzulegen wagt, wenn das Wasser von einer weit entlegenen Höhe hergeleitet werden muß. Da wählt man dann oft lieber, wenn man durchaus eine Fontäne haben will, durch Druckwerke das Wasser zu dem Behälter hinaufzutreiben, von welchem herab der Fall sich in einem kürzern Wege bewirken läßt. 4) Die Figur der Oefnung ist keineswegs gleichgültig. Fast allgemein wählte man sonst dazu metallene Ansätze mit einer inwendig kegelförmigen Höhlung. Allein die Erfahrung hat schon lange bewiesen, daß es am besten sei, wenn man die bis dahin nicht verengte Sprungröhre mit einer gleichweiten Platte bedekt, und in deren Mitte ein glattes zirkelrundes Loch bohrt. Der herausspringende Strahl ist alsdann reiner, ebener, und geht viel höher. Aehnliche Oefnungen sind bei andern Werkzeugen die rahtsamsten, durch welche man Wasser hervorspringen, oder lebhaft hervorfliessen macht, z. B. an den Oefnungen der Brandröhre an Feuerspritzen, denen man eine gleiche Weite mit dem ledernen Schlauch, dann aber eine verhältnismässig engere Oefnung geben sollte. Aber das Vorurteil ist noch immer für die kegelförmigen Röhren und Oefnungen, und wird so leicht nicht sich verlieren, so sehr auch die Erfahrung dawider spricht.

§. 95.

So unvollkommen die Kenntnis der Alten von den Gründen der Aerometrie, und folglich des größten Teils

der Hydraulik, war, so gieng doch ihre Erfindsamkeit in hydraulischen Maschinen ungemein weit, in welcher sie das wenige, was sie von der Wirkung der Luft auf die Bewegung des Wassers, mehr durch zufällige Erfahrungen, als aus Gründen wußten, sehr glücklich anwandten. **Ktesibius**, ein Griechischer Mathematiker aus dem dritten Jahrhundert vor Christo, erfand die Wasserorgel und mehrerlei Wasseruhren. Mit nicht völliger Gewißheit schreibt man ihm die Erfindung der Pumpe zu. Von dem Druckwerk war er es gewiß zufolge der Angabe und Beschreibung des Vitruvius. Dem zufolge müßte dann die Saugpumpe schon früher erfunden sein. Sein Schüler **Heron** erweiterte und vermehrte die Erfindungen, in welchen die Federkraft der Luft, insonderheit vermittelst des Hebers, zwar vorzüglich zur Belustigung des Auges angewandt wurde. Doch sind auch einige derselben wesentlich nüzlich. In der Reihe der 76 Angaben, die Herons Buch, Pnevmatica genannt, enthält, ist die 27ste eine vollständige Feuerspriße mit zwei Stiefeln, doch ohne Windbalg. Heron giebt sie nicht als seine Erfindung an, sondern nennt sie Siphonen, (Heber) deren man sich bediene gegen die Feuersbrünste.

Nur wenige jener alten hydraulischen Spielwerke werden noch jezt nachgeahmt. Eins derselben ist der Springbrunnen des Herons. Diesen will ich deswegen kurz beschreiben, um die §. 90. verschobene Erklärung von Herrn Hölls Erfindung zum Behuf des Bergbaues anzufügen.

A und B (Fig. 24.) sind zwei luftdichte am besten von Blech verfertigte Gefässe. Das öbere dekt ein Dekkel mit einem Rande IK. Eine Röhre GH tritt aus einer Defnung derselben hervor, in welche sie eingeschroben wird. Doch kann sie auch in dieselbe gelötet werden. Dann aber bedarf es einer andern Defnung in dem Dekkel, durch welche man das öbere Gefäß A mit Wasser füllen kann. Wann diese Defnung geschlossen worden, gießt man noch etwas Wasser auf den Dekkel. Dieses fließt nicht sobald durch die in eben diesem Dekkel sich öfnende Röhre CD in das untere Gefäß B hinab, bis es dieser Röhre untere Defnung D bedekt hat, da das Wasser in dem öbern A aus der Röhre GH lebhaft hervorzuspringen anfängt, und dieser Sprung dauert so lange, bis die Defnung G der Röhre HG wieder vom Wasser frei kömmt.

Wie dies zugehe, ist leicht zu verstehen, wenn man beachtet, 1) daß das durch CD herabsinkende Wasser das über die Defnung D gestiegene, wenn gleich wenige, Wasser mit einer grossen Gewalt drucke, weil sie aus der Höhe der Röhre und der Oberfläche BM zu schäzen ist. 2) Daß dieser Druck auf die in A beschlossene Luft durch die Röhre EF mit eben der Kraft wirke. 3) Daß diese Luft keinen Ausweg habe, als durch die Röhre EF, deren untere Defnung E immer wasserfrei bleibt, und die öbere F über dem Wasser in A hervortritt. Die hier beschlossene Luft nimmt also an dem ganzen Druck der Luft in B Anteil, und preßt das Wasser durch die Röhre GH

zum

zum Sprunge, bis es in G fehlt, da dann die Luft durch die GH Röhre hervordringt, und sich mit der äussern ins Gleichgewicht sezt.

Man sieht leicht ein, daß dieser Druck der Luft ins Ungeheure vermehrt werde, wenn die Röhre CD sehr lang, der Behälter B sehr weit, und folglich die Oberfläche des in demselben beschlossenen Wassers sehr groß wird. Man wird aber auch einsehen, daß alles auf dieselbe Art vorgehen müsse, wenn die Luft in dem obern Behälter zusammengepreßt, und deren Druck durch eine niedersteigende Röhre der Luft in dem untern Gefässe mitgeteilt wird, dann aber dem in diesem beschlossenen Wasser durch eine Steigröhre ein Weg geöfnet wird, durch welchen es sich diesem Druk entziehen kann. Hierauf gründet sich die **Höllische Erfindung.**

In der 35sten Figur ist B ein grosses metallenes Gefäß, 50 Zoll im Durchmesser haltend, und 5 Fuß hoch. Dieses füllt man durch die Röhre QR nach Aufschliessung des Hahns mit dem Grubenwasser aus einem nahe dabei befindlichen Behälter, worin dasselbe sich gesammelt hat, beinahe voll. Oben, etwa in der Tiefe der Grube, wo ein Stollen die Wasser abziehen kann, ist ein fast gleiches Gefäß, in welches durch die Röhre CDE Wasser von möglich größter Höhe herabfällt, und die Luft gewaltsam zusammendrückt.

§. 96.

Zum Schluß will ich noch mit wenigem der **Wasserleiche** erwähnen, d. i. eines Werkzeuges, durch welches

man die Wassermenge schäzt, welche eine Quelle in bestimmter Zeit gibt. Doch wird auch dessen Gebrauch notwendig, um in Städten einem jeden Einwohner das ihm gebührende oder für seinen Betrieb nötige Wasser aus denen Wasserbehältern zuzuteilen, in welchen man dasselbe durch Wasserleitungen oder Künste zum gemeinen Gebrauch gesammelt hat. Ich darf jedoch nicht weitläuftig in dessen Beschreibung sein, da der Gebrauch desselben auf ein nicht oft vorkommendes Bedürfnis der bürgerlichen Gesellschaft eingeschränkt ist, und ich auf viele in Deutschland sehr bekannte Schriftsteller zur nähern Erläuterung verweisen kann. Der erste von diesen ist **Bion** in dem Buche, das in der deutschen Uebersezung von **Doppelmayr** unter dem Titel: **Mathematische Werkschule**, bekannt genug ist. Buch 5. Cap. 3. Tab. XV. Doch ist seine Beschreibung, so wie die Abbildung, die ich Fig. 36. blos nach dem äussern darstelle, sehr unzulänglich, und daher lernen deutsche Leser weit mehr aus **Leupolds** Beschreibung und Darstellung im Theatro Mach. Gener. §. 475. S. 142. ff. **Belidor** hat in seiner Wasserbaukunst Th. I. Buch IV. Cap. IV. §. 1392. insonderheit dadurch sie zu verbessern gesucht, daß er viereckte Oefnungen, alle von gleicher Höhe, aber von abnehmender Breite, statt der zirkelrunden angibt, welche nach Bions Angabe dem zu untersuchenden Wasser zum Ausguß gegeben werden, deren Mittelpunkte aber alle in Einer Linie sind, über welchen demnach das Wasser in ungleicher Höhe steht, und folglich mit ungleichem

Drucke wirkt. Auch Leupold hatte schon diese Schwierigkeit beachtet, und darauf sich beziehende Verbesserungen vorgeschlagen. Herr Karsten beurteilt das alles §. 53. in seiner Hydraulik, doch ohne, wie es scheint, mit dem Werkzeuge und mit der Praktik in dessen Anwendung sehr bekannt gewesen zu sein.

Weil jedoch das Wasser sich bei seinem Durchfluß durch engere Löcher verhältnismässig mehr reibet, als in weiteren Oefnungen, so räht Belidor mit Grunde, die kleineren so lange mit sorgfältiger Kunst zu erweitern, bis sich in genauen Versuchen zeigt, daß das ausfliessende Wasser genau das verlangte Verhältnis zu dem cylindrischen Wasserzolle halte, dessen ich §. 40. bereits erwähnt habe. Auch in Ansehung dieses Wasserzolles macht Belidor die gegründete Bemerkung §. 1392. 93, daß derselbe in sorgfältigen Versuchen nicht so groß ausfalle, als Mariotte ihn angab, nämlich auf $13\frac{1}{8}$ Pinten statt 14. Karsten berechnete ihn zu 13,7. Pinten. Leupold folgt Marionettens Angabe getreulich. Freilich wäre es der Mühe wehrt, den Belauf des Wasser-Zolles nach Maassen und nach Gewichten, mit welchen wir in Deutschland bekannt sind, durch richtige Erfahrungen zu untersuchen und in Zahlen zu bestimmen. Wenn nicht jezt die am Schlusse meines Buches entstehende Beeilung des Drucks mich hinderte, so würde ich damit mein Buch ganz geschlossen haben, wozu mich

eine sorgfältig ausgearbeitete Wasser-Eiche und andere Werkzeuge, die ich besize, in Stand sezen würden. So aber muß ich mir vorbehalten, dies an einem andern Orte, wahrscheinlich in dem, was ich über die Wasserbaukunst schreiben werde, nachzutragen.

In-

Inhalt der Hydraulik.

Erster Abschnitt.

Von der Bewegung des Wassers überhaupt.

§. 1. In der Beurteilung und Bestimmung der festen Körper ist es genug die Bewegung dreier Puncte in demselben zu bestimmen. Seite 215
— 2. Weit grössere Schwierigkeit in der Bestimmung der Bewegung flüssiger Körper. 216
— 3. Die Geseze derselben müssen zuförderst bei kleinen Massen Wasser untersucht werden, 218
— 4. und hängen alle von der Schwere ab. 219
— 5. Sechs Geseze der Bewegung von dem durch Fall und Wurf bewegten Körpern. 220
— 6. Anschauliche Darstellung, wie die Teile des Wassers im Fallen ihre Bewegung beschleunigen. Entstehen des Stautbaches in der Schweiz. 223
— 7. Neben-Umstände, welche diese Bewegung stören. Sie läßt sich am besten bei dem horizontal ausströmenden Wasser beurtheilen. 225
— 8. Kurze Darstellung solcher Erfahrungen, in welchen jene sechs Gesetze §. 5. sich an dem durch Fall und Wurf bewegten Wasser bestätigen. Erklärung der sechsten Erfahrung, da die zweimalgrössere Masse durch eine Oefnung fällt, wenn es bei festen Körpern nur die Einfache sein würde. 228
— 9. Störung des Erfolgs in practischen Vorfällen durchs Reiben. 233

Zweiter Abschnitt.

Von der Bewegung des Wassers in Flüssen.

§. 10. Zur Einleitung. 236
— 11. Ein Gewässer kann und muß sich noch über einen ganz horizontalen Boden bewegen. 237
— 12. Ursachen der Krümmungen der Flüsse. 240
— 13. Andere Unregelmässigkeiten in dem Fortlauf der Flüsse. 241
— 14. Was ein regelmässiger Fluß sei; wie in denselben das Wasser eintrete. Fig. 1. 243

§. 15.

§. 15. Folgen davon in dessen Fortbewegung. S. 245
— 16. Wie aus einem regulären Flusse notwendig ein irregulärer werde. 246
— 17. Wie dies schon bei einem ganz horizontal fliessenden Flusse zum Teil entstehen würde. 249
— 18. Was Menschenkunst zuweilen beitrage, um einen Fluß noch mehr irregulär zu machen. 251
— 19. Kleinere Flüsse kann man in einen geraden regulären Canal treiben. 253
— 20. Grössere Flüsse sind nicht so zu bezwingen. Von dem Anlegen der Sandbänke, der Wirkung derselben, wie auch des Eisganges auf den Strom. Fig. X. Tab. VII. 254
— 21. Von dem sogenannten Grundeise. 257
— 22. Von der Einschränkung grosser Flüsse durch Dämme, im Allgemeinen. 258
— 23. Von der Ablenkung der Flüsse durch Einbaue, und wie es damit zugehe. 260
— 24. Wie dieselben dem Stosse des Stroms und selbst des Eisganges Widerstand halten können. 263
— 25. Wie dies insbesondre die Einbaue von Busch und Erde (die sogenannten Packwerke) tuhn.
— 26. Schädliche Tiefen, welche der Strom vor diesen Einbauen in seinem Bette auswühlt; doch weniger vor den Packwerken. 266
— 27. Von dem durch solche Einbaue bewirkten schädlichen Anschlag auf das gegenseitige Ufer und der dagegen nötigen Vorsicht. 268
— 28. Wirkung der Einbaue auf die Versandungen eines Flusses. 269
— 29. Von der Geschwindigkeit des Stroms und den Mitteln, diese mit dessen Richtung zu messen. 270
— 30. Von den sogenannten fliegenden Brücken. Erklärung des Grundes von dieser Erfindung. Fig. 2. 274
— 31. Nähere Beschreibung derselben. 279
— 32. Nuzen dieser Erfindung und Erklärung derer Umstände, unter welchen sie anwendbar wird.
Anmerkung. Erläuterung der Abbildung einer fliegenden Brücke. Fig. 3. 4. 5. 283

Dritter

Dritter Abschnitt.

Von der Anwendung des Wassers zur Bewegung grosser Maschinen.

§. 33. Etwas von den ältesten Spuren der Wassermülen. S. 290
— 34. Von Schifmülen. 292
— 35. Von Treibung der Mülen durch Verengung des Stroms. Von den Wasserkünsten unter der Londner Brücke. 295
— 36. Von Mülrädern, an stehenden Gewässern, die durch geschöpftes und darauf gegossenes Wasser bewegt werden. 296
— 37. Von den durch einen künstlichen Wasserfall bewegten Mülen und deren verschiednen Arten. 297
— 38. Verfahren zur Schäzung der Wassermasse, welche zur Treibung einer unterschlächtigen Müle angewandt werden soll. 300
— 39. Verfahren zur Schäzung von deren Geschwindigkeit. 302
— 40. Beispiel einer Berechnung über Masse und Geschwindigkeit. Fig. 6. 304
— 41. Abweichung dieser Berechnung von derjenigen, welche die Theorie von der Masse eines aus einer grossen Oefnung frei vorschiessenden Gewässers angibt. Fig. 7 307
— 42. Zweifel an der Zuverlässigkeit dieser Theorie, und Grund dieses Zweifels. 308
— 43 Eben daher ist auch die Berechnung von der Kraft des Stosses auf die Mülenräder noch nicht zuverlässig. 311
— 44. Wie die Praktik bei dieser Ungewisheit sich helfe. 313
— 45. Mannigfaltigkeit in der Anlage der Wassermülen. 317
Anmerkung. Beispiel einer grossen Verschiedenheit in der Anlage der Hamburgischen unterschlächtigen Mühlen in Absicht auf deren Gefälle, Wasserstand und Oefnung der Schüzen. 319

Vierter Abschnitt.

Von den Werkzeugen und Hülfsmitteln zur Fortbewegung des Wassers.

§. 46. Einteilung dieser Werkzeuge. 324

Erste

Erste Abteilung. Von solchen Werkzeugen, in welchen die Luft nicht als bewegende Kraft angewandt wird.

§. 47. Von den Wasserleitungen. S. 325
— 48. Von den Canälen der Alten. 328
— 49. Von der Schifbarmachung der Flüsse in neueren Zeiten durch blosse Stauschleusen. 329
— 50. Von der Verbesserung der Canalfahrt durch Fangschleusen. 332
— 51. Von den das Wasser aufwärts bewegenden Werkzeugen. Von den Hebeschaufeln. 337
— 52. Von der Wasserschraube. 339
— 53. Von den Schöpfrädern, und deren verschiednen Arten. 353
— 54. Von dem Bremischen Schöpfrade. Fig. 89. 344
— 55. Von den das Wasser werfenden Rädern. 348

Anmerkung. Beschreibung der beiden gebräuchlichsten Arten derselben. Fig. 10 und Fig. * Taf. 6. 353

— 56. Von der Kastenkunst, dem Paternoster-Werke, und der Schaufelkunst. 356
— 57. Anwendung des Schöpfrades, der Kasten- und der Schaufelkunst in Aufbringung des Sandes und Schlammes aus Häven und Strömen. 359
— 58. Allgemeine Erwähnung und Urteil über andre hieher gehörige Wasser-Maschienen. 361

Zweite Abtheilung. Von denen Werkzeugen, in welchen die Luft die Bewegung des Wassers bewirkt.

— 59. Nur der Druck der ruhigen Luft kann in diesen Werkzeugen benuzt werden. 363
— 60. Von dem Heber. Fig. 11. 364
— 61. Von der Anwendung des Hebers im Grossen. 367
— 62. Von den Pumpen und deren Einteilung in Saug- und Druckpumpen. 370
— 63 Darstellung des Hauptwerks in einer Pumpe. Fig. 12. 13. 371
— 64. Irrtuhm der Alten in Ansehung des gleich hohen Steigens des Wassers bei ganz ungleicher Weite der Röhren. 372
— 65. In der Saugpumpe ist die Bewegung des Wassers unter dem Kolben eine Wirkung der Luft, und die über demselben mechanisch. 374

§. 66. Wie das Wasser über die angegebene gröste Höhe noch weiter durch Pumpen zu bewegen sei. Fig. 14. S. 376
— 67. Wie es mit dem Steigen des Wassers durch den Druck der Luft eigentlich zugehe. Fig. 15. 378
— 68. In Pumpen, wo der Kolben und der ihm angehörende Stiefel weit und die Säugröhre eng ist, hat die Kraft einen Widerstand zu überwinden, der aus der Fläche des Kolben und der Höhe des zu hebenden Wassers geschäzt werden muß. Fig. 16. 380
— 69. Von den Verbesserern der Theorie der Pumpen. Ob die Bewegung mit der Kraft der Luft abnehme, wenn das Wasser sich der Höhe von 31 Pariser Fuß nähert? 384
— 70. Von den Druckpumpen. Fig. 17. 389
— 71. Beispiel eines Druckwerks ohne Saugwerk in einer der Hamburgischen Wasserkünste. Fig. 18. 19. 393
— 72. Von Druckwerken, in welchen eine zweite Einwirkung der Luft einen fortdauernden Sprung des Wassers bewirkt. Fig. 20. 395
— 73. Von den Feuersprüzen. Beschreibung der vormals allein bekannten Stoß- oder Giebelsprüzen. Fig. 21. 396
— 74. Erklärung der mit einem Windbalg und Schläuchen versehenen Brandsprütze, und Geschichte von deren Erfindung. Fig. 22. 398
— 75. Von dem Zubringer. 400
— 76. Von Schlangensprüzen, welche sich selbst das Wasser heransaugen. 402
— 77. Muthmassung, warum der fortdaurende Strahl der Windbalgsprüzen so viel mehr im Löschen des Feuers vermöge. Historischer Beweis dieses grossen Vorzugs. 404

Anmerkung. Ueber die Unvollkommenheit der Brittischen Lehr- und Lesebücher über Physik und Mechanik. 407

Fünfter Abschnitt.

Von zusammengesezten Wasserkünsten.

§. 78. Was unter Zusammengesezten Wasserkünsten zu verstehen sei. Erste Veranlassung derselben: die Versorgung der Städte mit Wasser. 409
— 79. Gewöhnliche Anlage derselben. Ungefähre Grenzen von deren Brauchbarkeit. 411

§. 80.

Bayerische Staatsbibliothek München

§. 80. Etwas von der Maschine von Marli, und von Wasserkünsten zur Bewirkung eines starken Sprunges von Wasser. 413

Sechster Abschnitt.

Von der Anwendung der Hydraulik in Bergwerken.

§. 81. Notwendigkeit der Wasserkünste in dem Bergbau, hauptsächlich wegen des denselben störenden unterirdischen Gewässers. 415
— 82. Von den Stollen als dem Hauptmittel zur Wegleitung des Wassers aus den Gebirgen. 416
— 83. Notwendigkeit der Pumpen, wo ein Stollen nicht mehr zu Hülfe kömmt. 418
— 84. Von den tief im Berge angebrachten Kunsträdern. Fig. 23. 420
— 85. Vom wirtschaftlichen Gebrauch des Wassers in den mannigfaltigen Bedürfnissen des Bergbaues. 422
— 86. Von den Stangenkünsten im allgemeinen. Fig. 24. 423
— 87. Welchen Vorteil es gebe, wenn man in Bergwerken jede einzelne Pumpe so hoch macht. 425
— 88. Von Hölls Wassersäulenmaschine. Fig. 25. 26. 428
— 89. Von Hölls in Bergwerken angebrachten Heronsbrunnen.
— 90. Einige Erläuterung über das Innere der Erzgebirge
— 91. Kurze Darstellung der Arbeiten des Bergbaues in ihrer gewöhnlichen Folge.

Anhang.

§. 92. Von den Ventilen. Fig. 28. 29. 30. 441
— 93. Von den Kolben. Fig. 31. 32. 33. 446
— 94. Von Springbrunnen. Fig. 34. 35. 449
— 95. Von dem Heronsbrunnen und Hölls Anwendung davon in Bergwerken. 452
— 96. Von den Wasser-Eichen. Fig. 36. 455

Von S. 407–411 ist die Zahl von §. 77–79 irrig, welches aber durch dieses Verzeichnis berichtigt wird.

Bayerische Staatsbibliothek München

Tab. I.

Fig. 2.

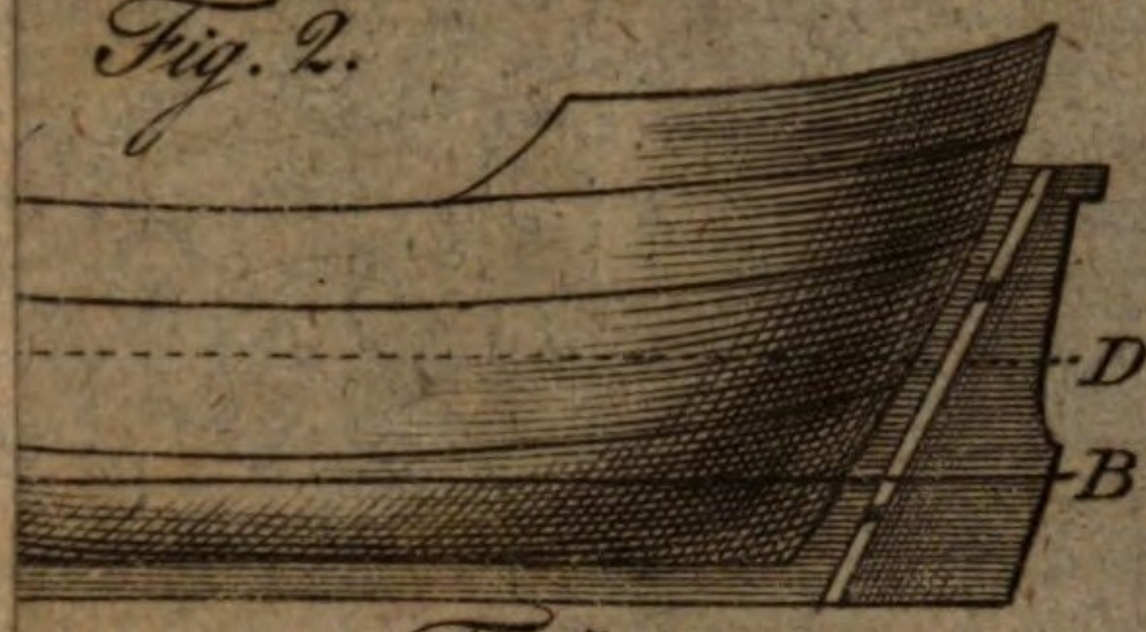
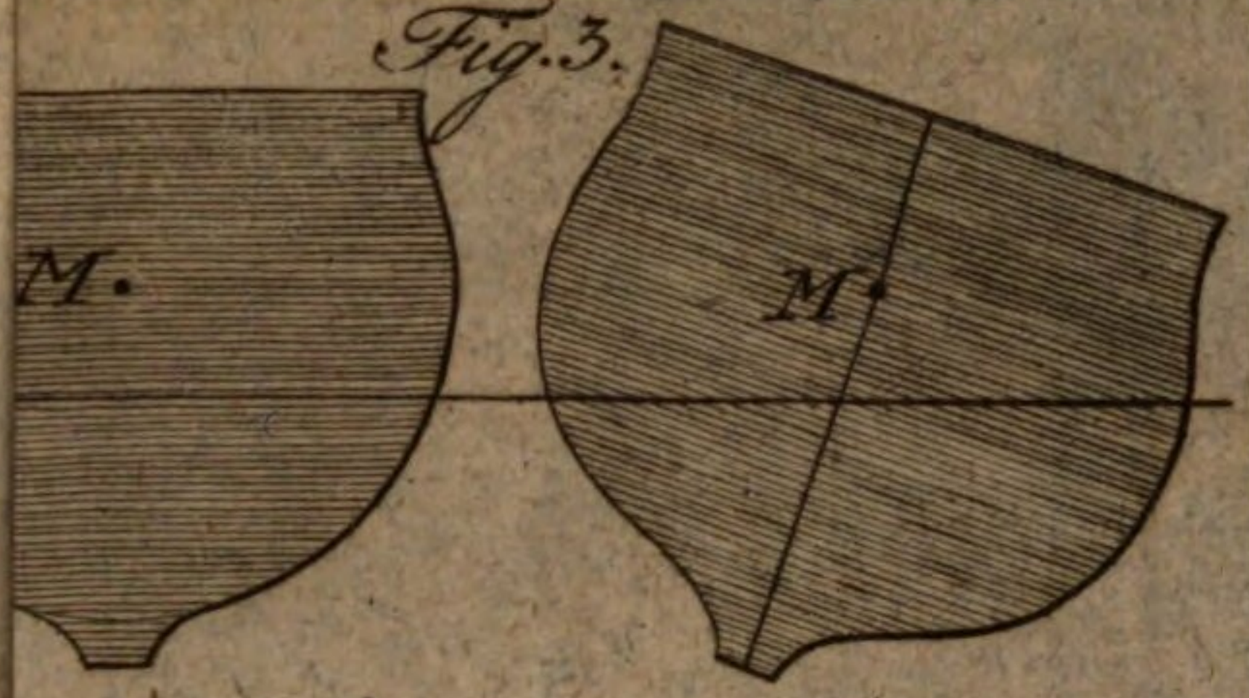


Fig. 3.



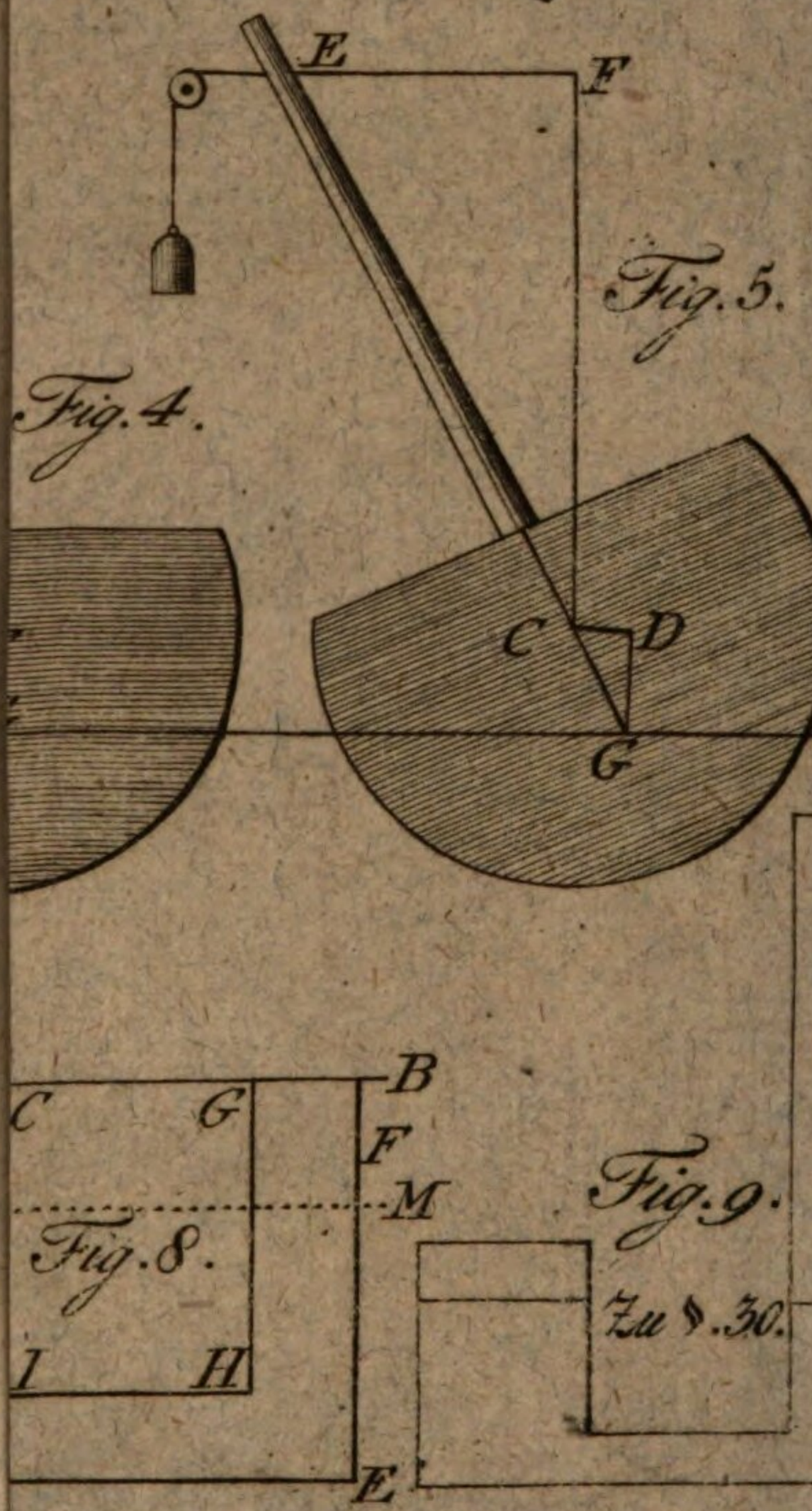


Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 8.

Fig. 9.

Tab. II.

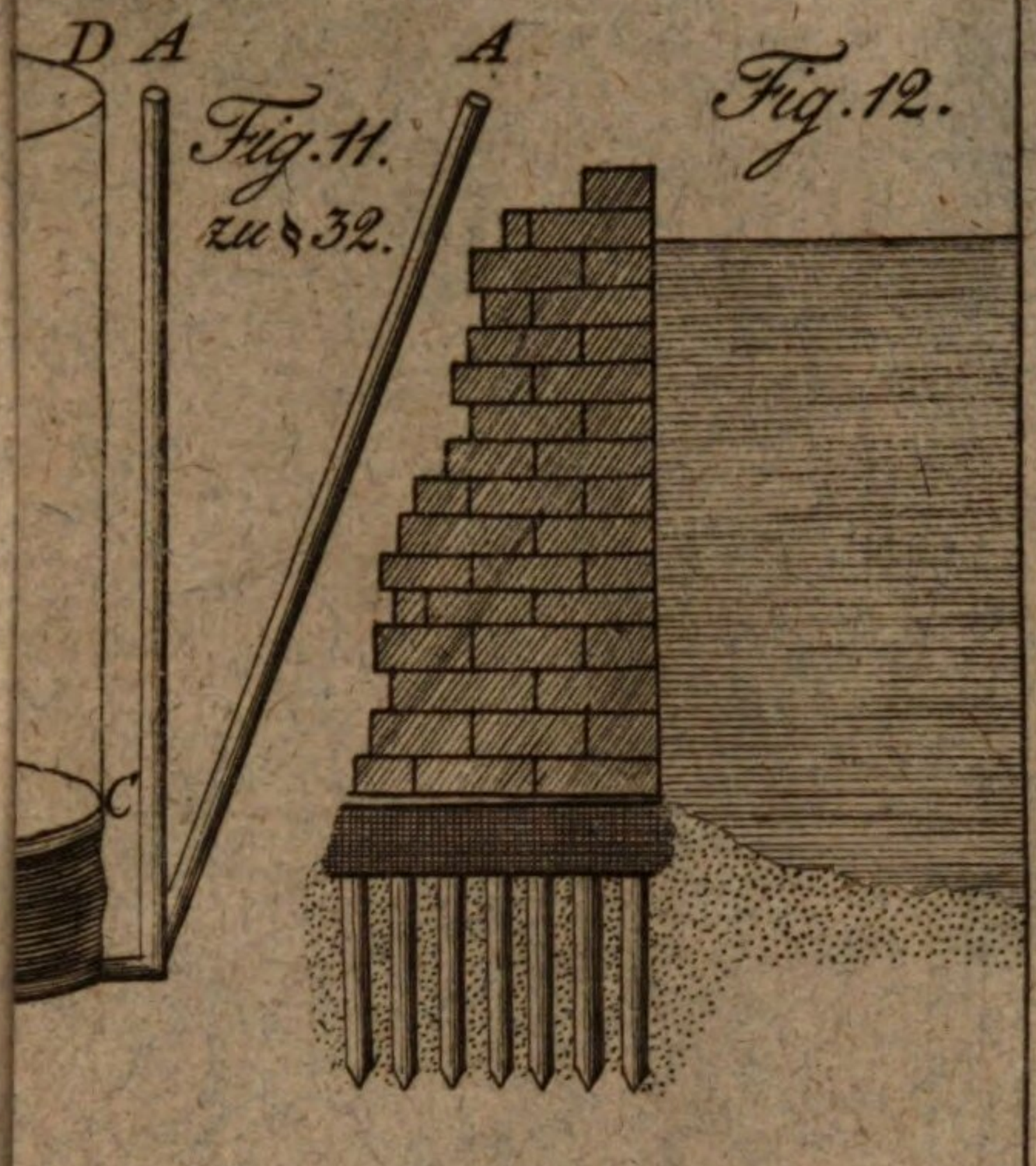


Fig. 11.
zu §. 32.

Fig. 12.

Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 18.

Fig. 17.
zu §. 43.

Tab. III.

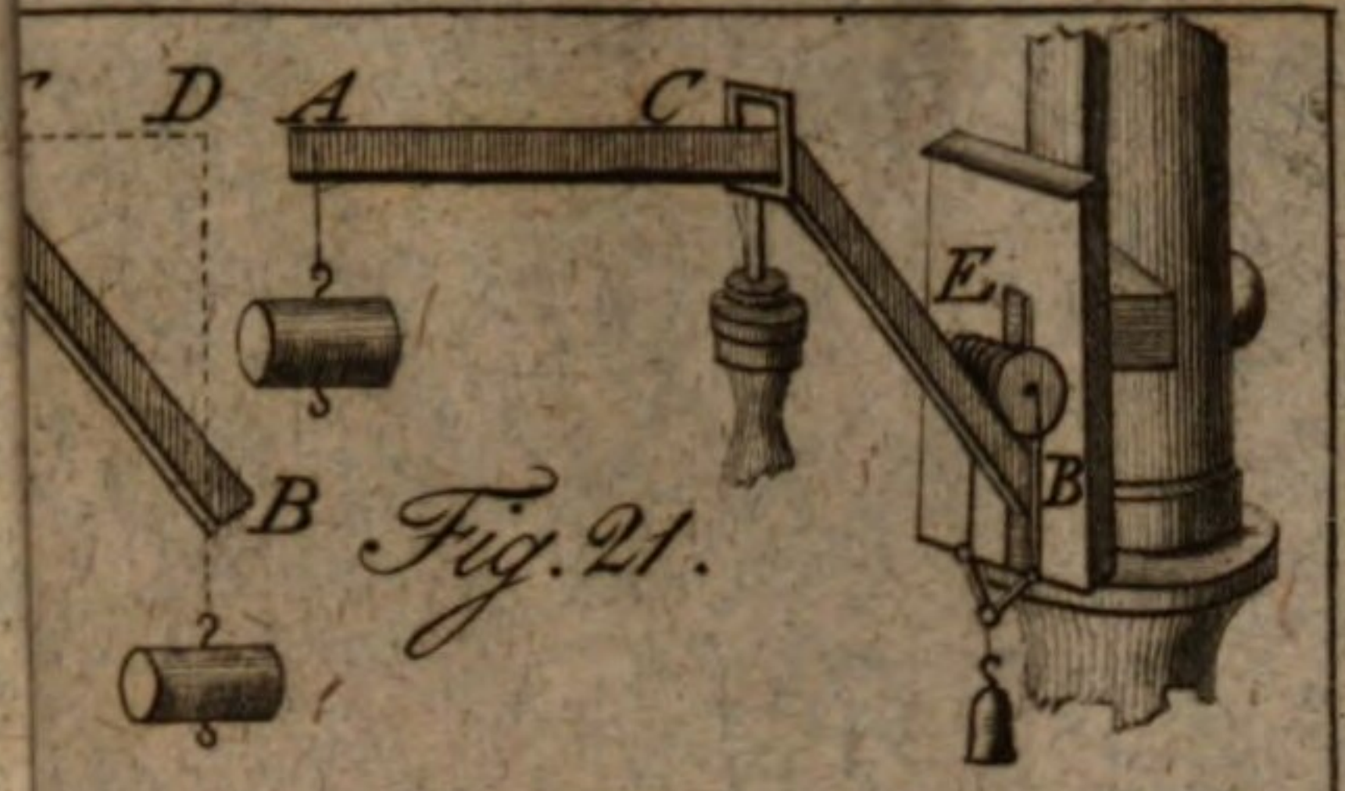
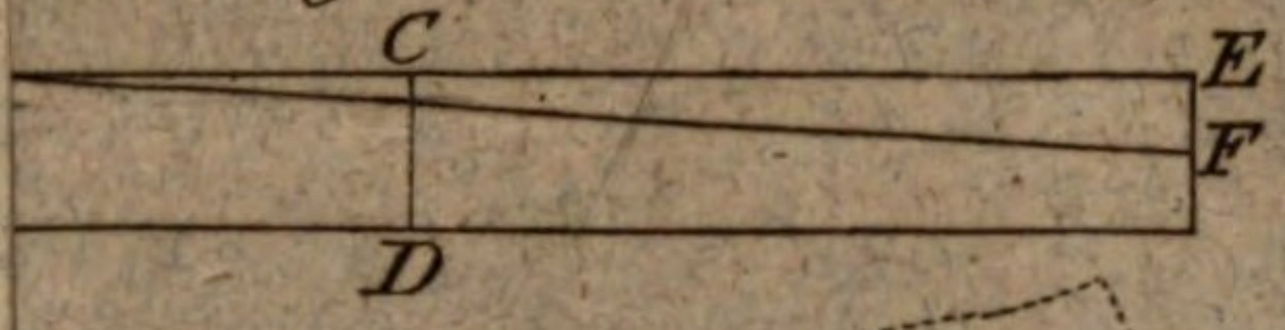


Fig. 21.

Hydraulick



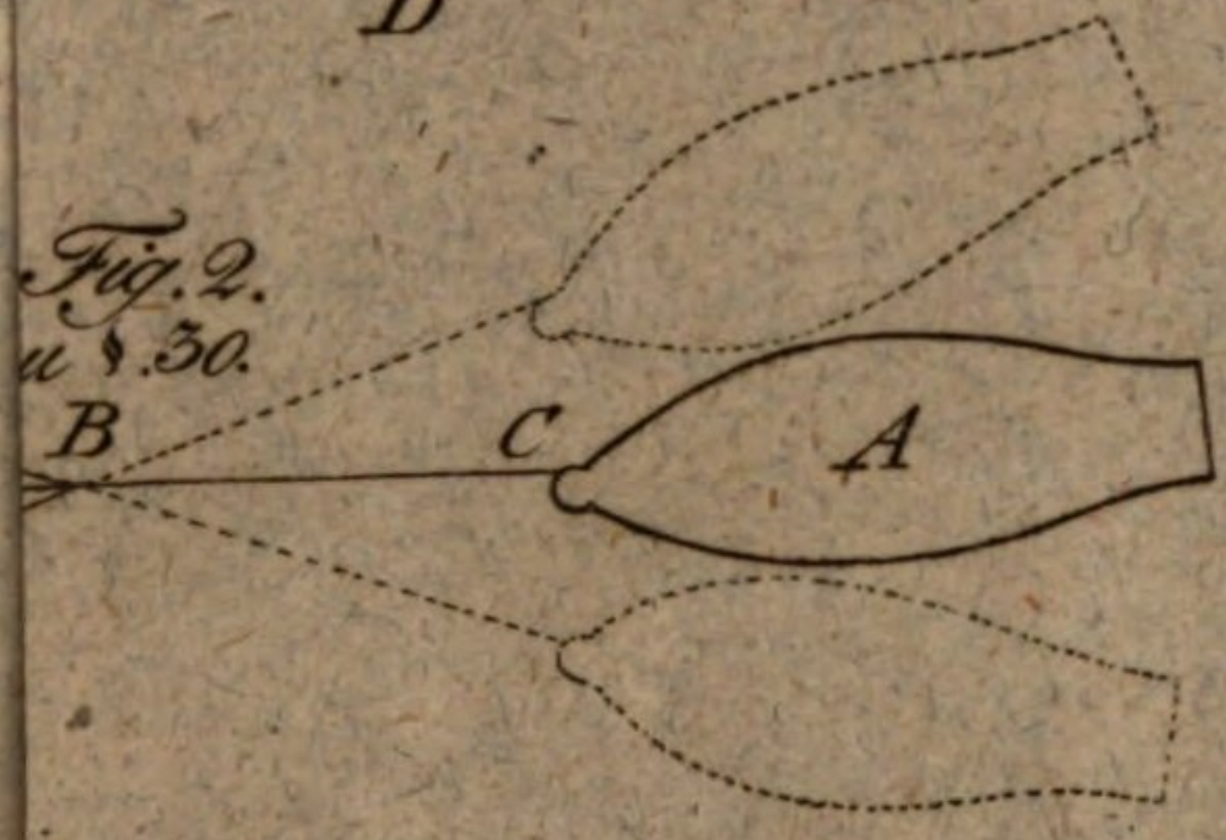


Fig. 2.
u. §. 30.

Fig. 3.

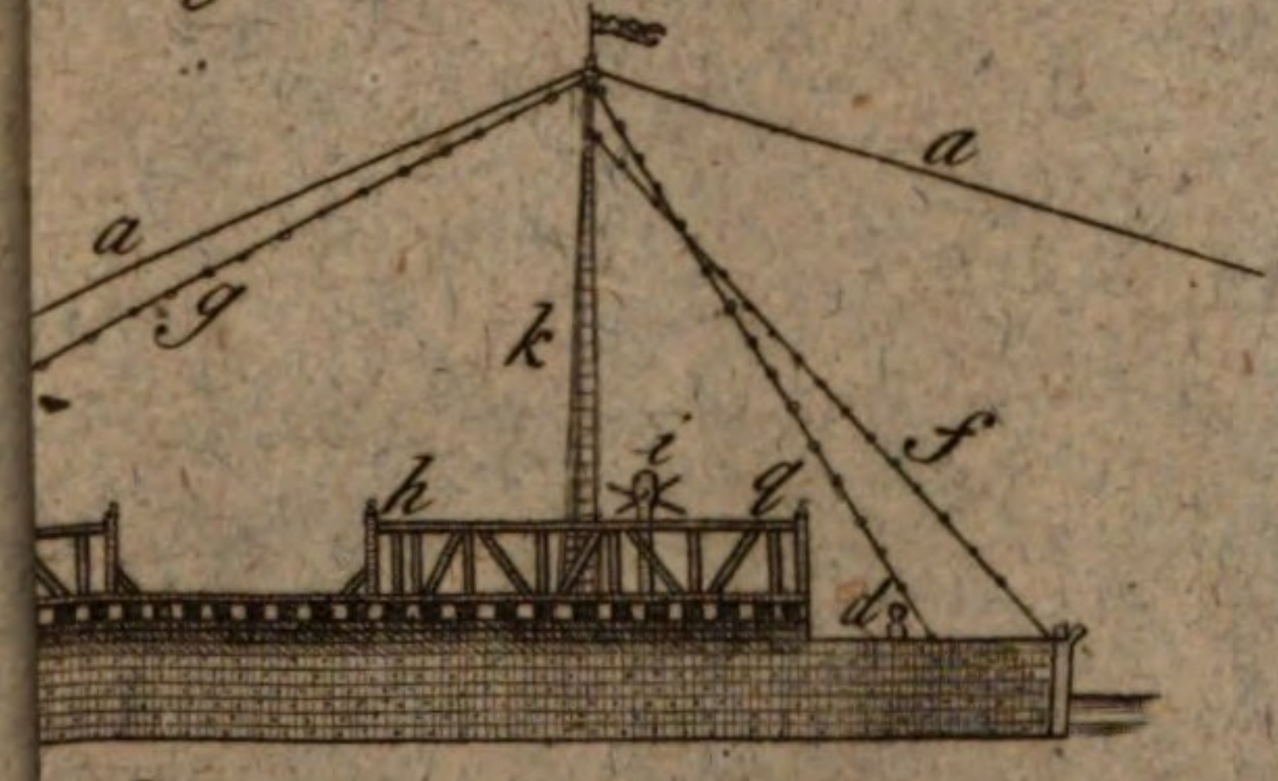


Fig. 4.

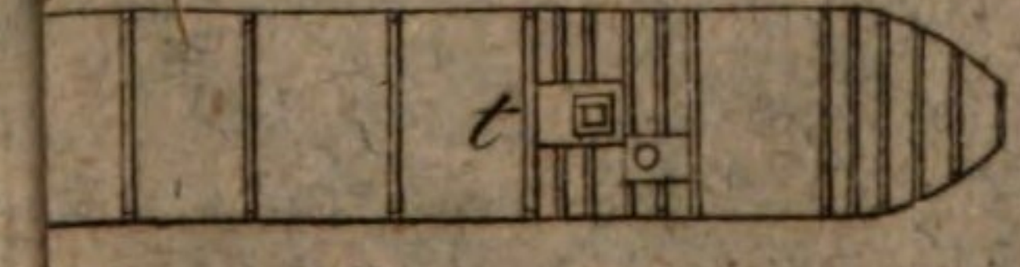


Fig. 5.

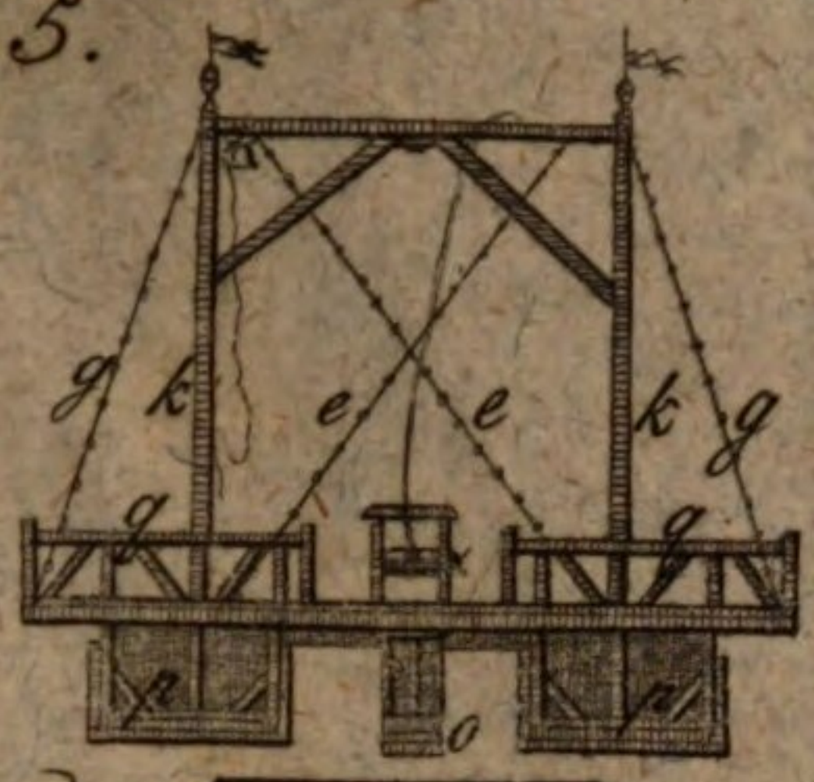
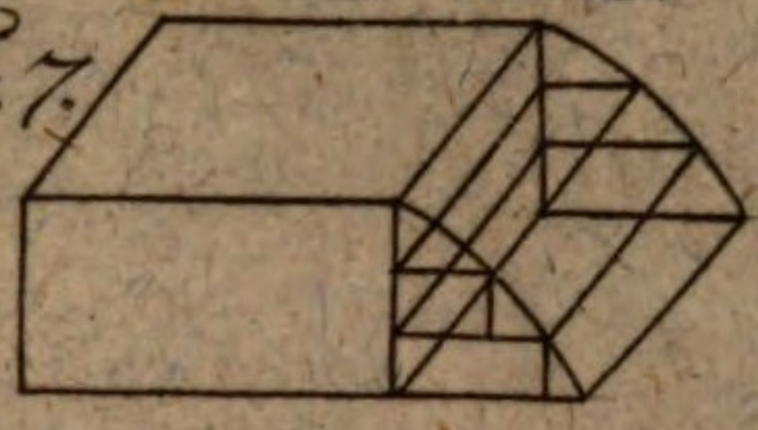


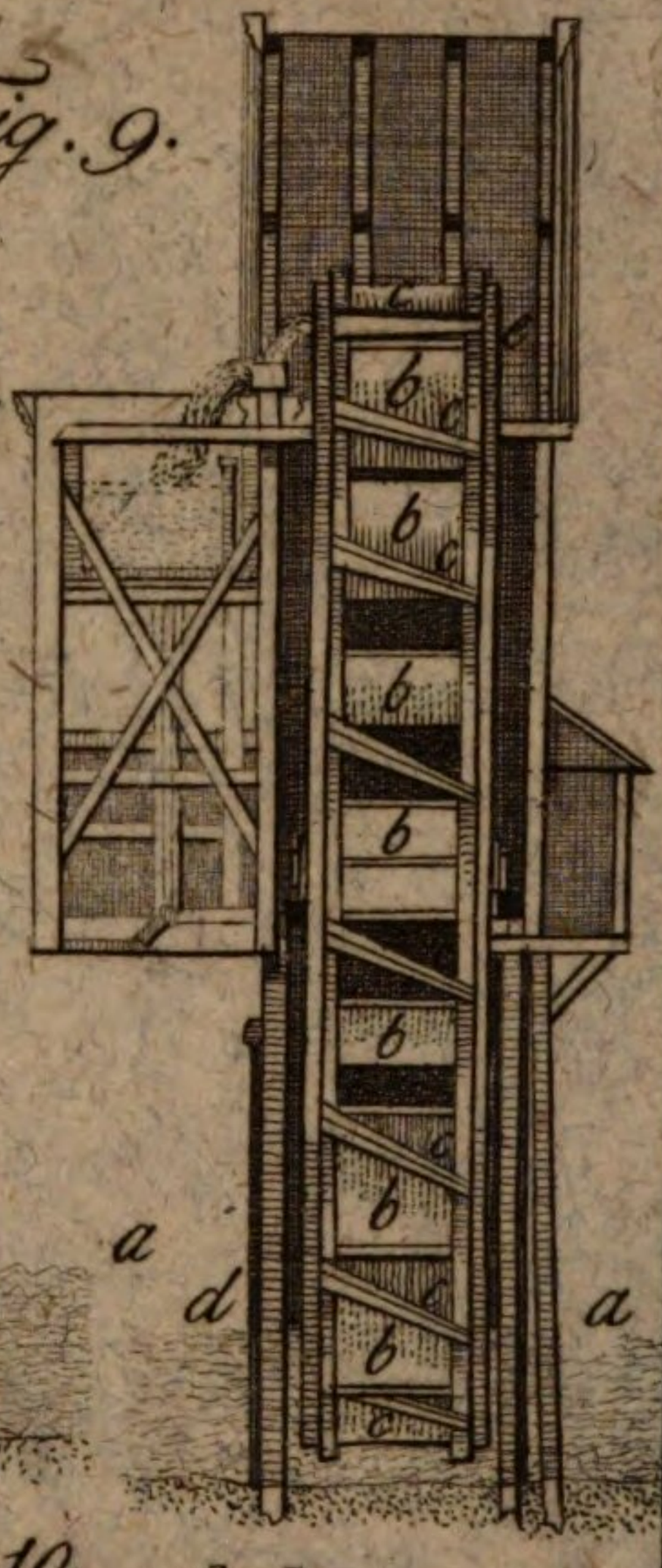
Fig. 7.



C

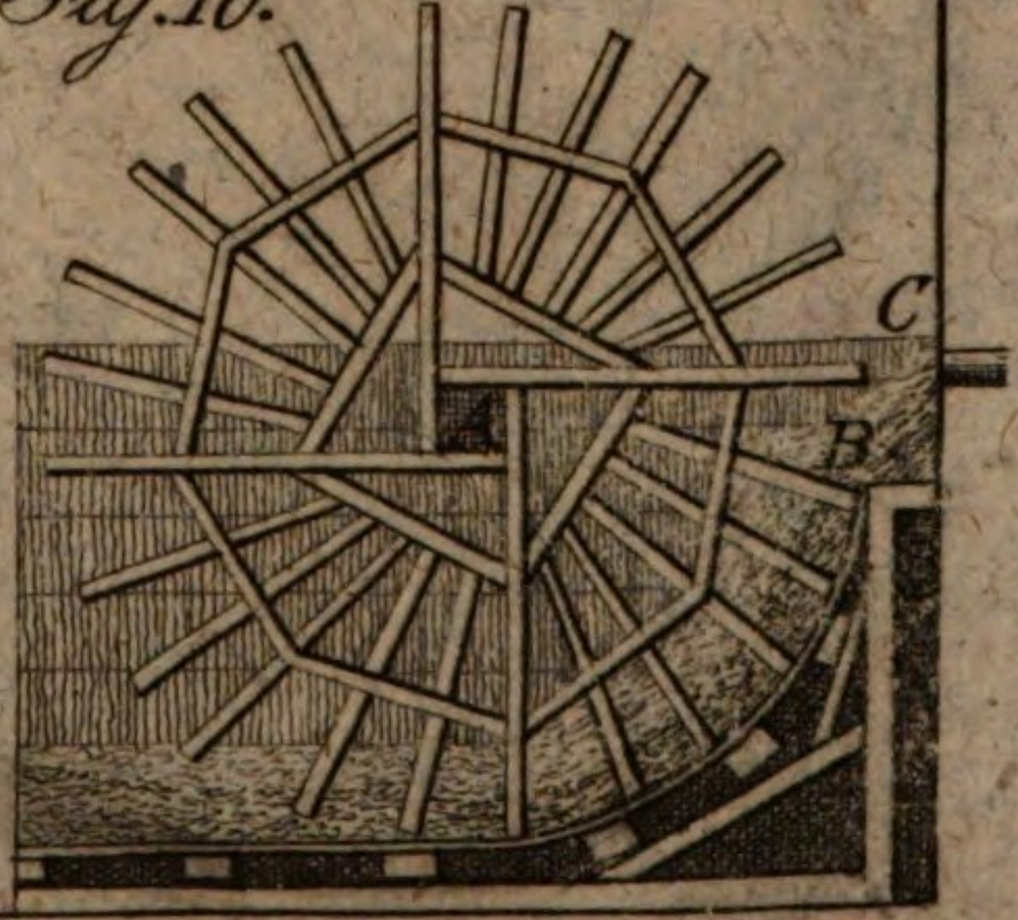
30 Fuſs

Fig. 9.



13. F

Fig. 10.



Tab. V.

Fig. 16.

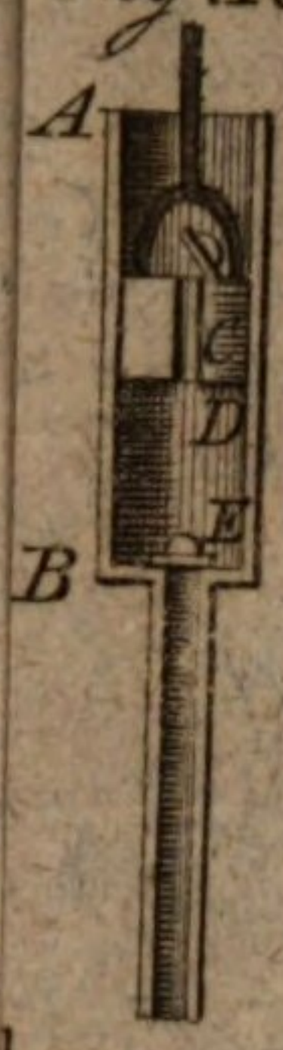


Fig. 17.

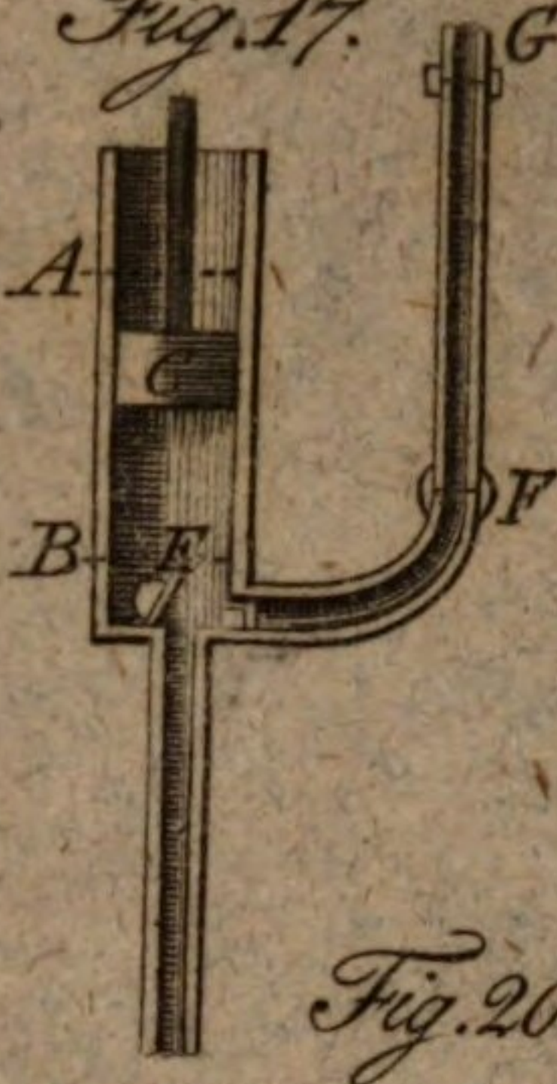
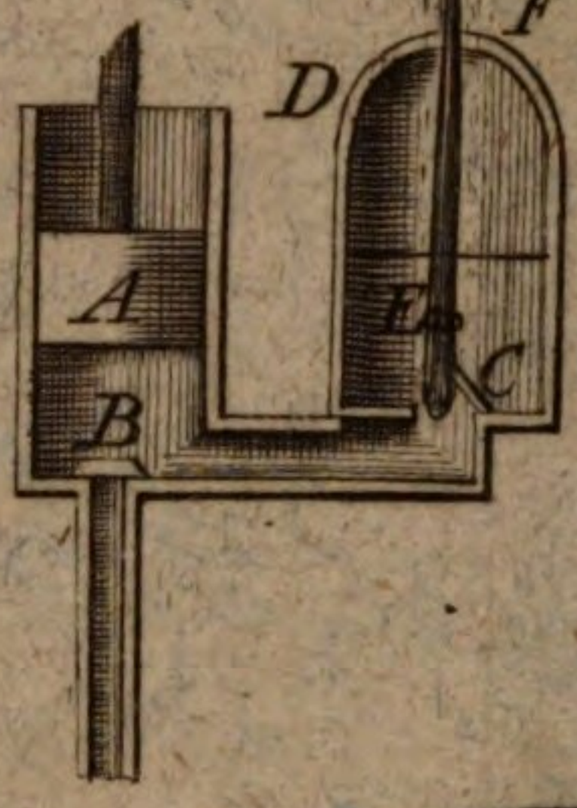


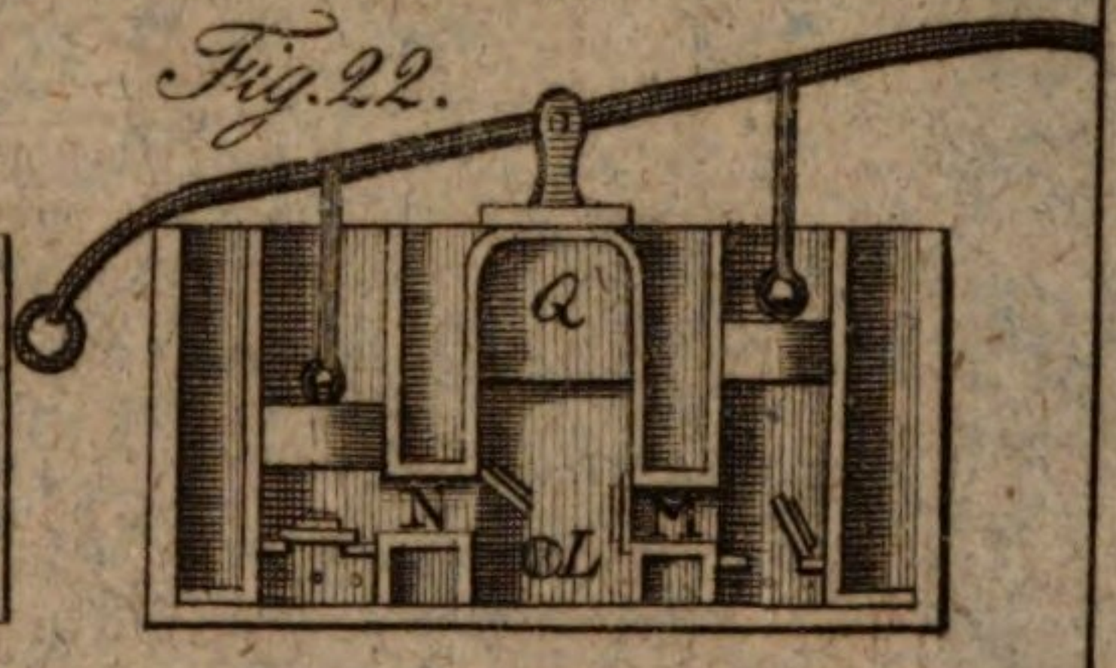
Fig. 19.

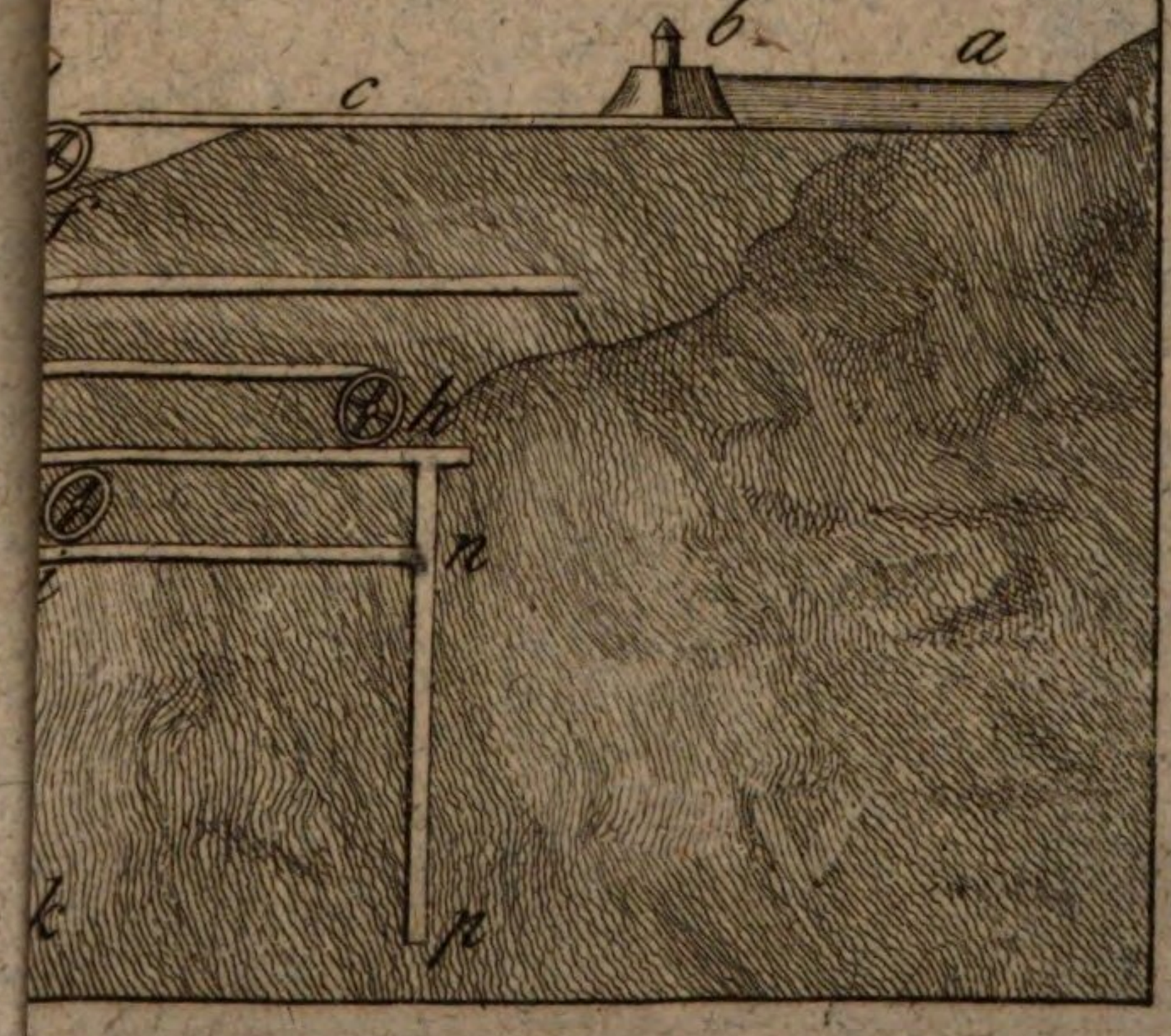
Fig. 20.



21.

Fig. 22.





Tab. VI.

Fig. 24.

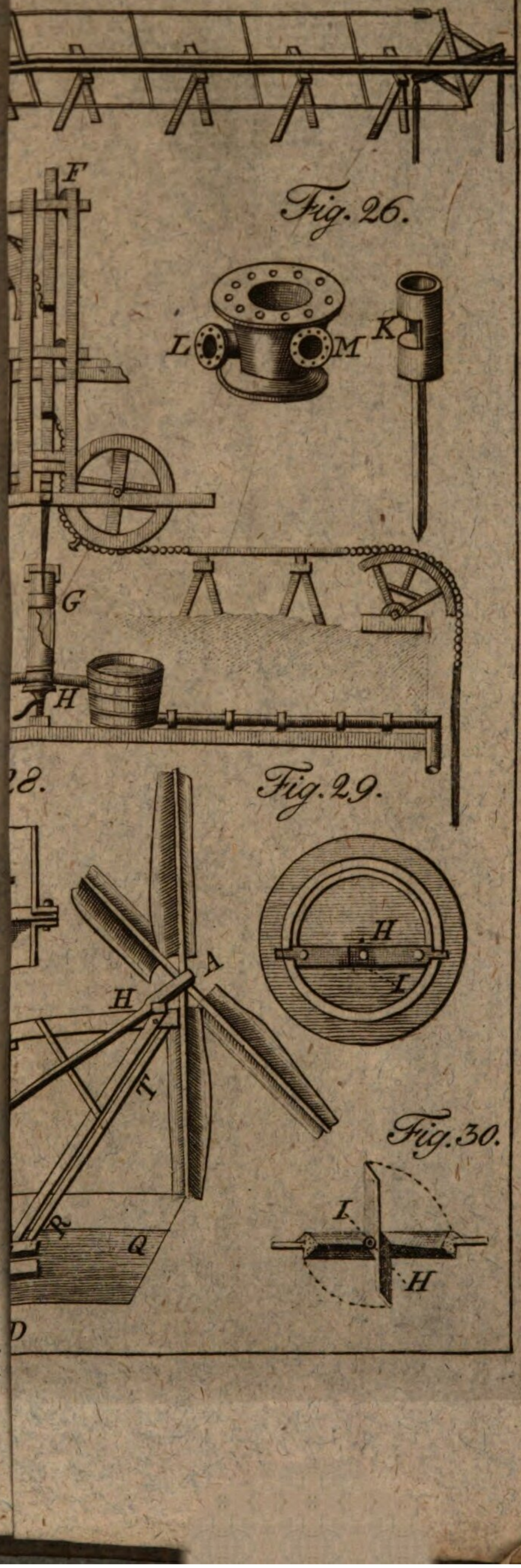


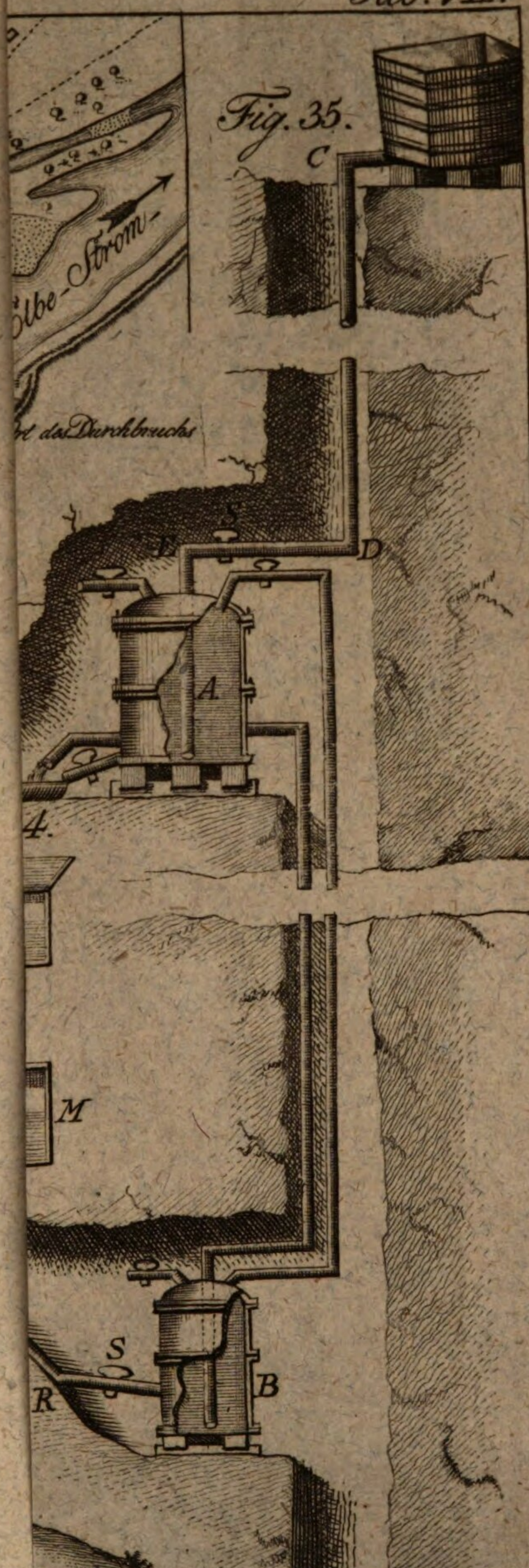
Fig. 26.

28.

Fig. 29.

Fig. 30.

Tab. VII.



Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Büsch, Johann Georg, 1728-1800

Johann Georg Büsch Professors in Hamburg Versuch einer Mathematik zum Nuzzen und Vergnügen des bürgerlichen Lebens

Bd.: 2

Hamburg 1791

Math.u. 33 a-2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10593746-1
VD18 80240496-001